

VESIHALLITUKSEN MONISTESARJA

1980:20

SEKAVIEMÄRÖINNIN INVENTOINNIN TULOKSET

Hannu Laikari

V E S I H A L L I T U K S E N M O N I S T E S A R J A

1980:20

SEKAVIEMÄRÖINNIN INVENTOINNIN
TULOKSET

Hannu Laikari

Vesihallitus
Helsinki 1980

VESIHALLITUKSEN
KIRJASTO

SEKAVIEMÄRÖINNIN INVENTOINNIN TULOKSET

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
1. JOHDANTO	5
2. KÄYTETTY AINEISTO	6
3. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	7
3.1 Viemäriverkostot v. 1978	7
3.11 Viemäreiden määrä ja kunto	7
3.12 Putkien saumaus ja vuotojen syyt	11
3.2 Viemäreiden rakennus ja korjaustoiminta v. 1978	15
3.21 Uudet ja uusitut viemärit	15
3.22 Keskimääräiset rakennuskustannukset	16
3.23 Viemäröintitavan muutokset	18
3.24 Viemäreiden korjaus	19
3.3 Lähivuosien rakennus- ja korjaussuunnitelmat	20
3.4 Tulosten tarkastelua ja johtopäätöksiä	21
3.5 Sekaviemäröinnin vaikutukset viemärivereden määrään ja laatuun sekä puhdistamon toimintaan vuosikeskiarvojen perusteella	23
3.51 Aineisto	23
3.52 Sekaviemäröinnin vaikutus viemärivereden määrään ja laatuun	25
3.53 Ylivuotojen ja ohijuoksutusten merkitys kuormituksessa	27
3.54 Kuormitusvaihtelun vaikutus puhdistustulokseen	28
3.55 Aineiston arvostelua ja johtopäätöksiä	30
4. TUTKIMUSSUUNNITELMA SEKAVIEMÄRÖINNIN KUORMITUSVAIKUTUSTEN SELVITTÄMISEKSI	37
TIIVISTELMÄ	41
PÄÄTÖSMÄINNAT	45
KIRJALLISUUSLUETTELO	46
LIITTEET	

1. J O H D A N T O

Suomen itsenäisyyden juhlavuoden 1967 rahaston (SITRA) Yhdyskuntien vesi- ja ympäristöprojektin (YVY-projekti) päätyttyä vuonna 1977 supistui vesihuoltoalan tutkimustoiminta vastoin projektin tuloksena syntyneitä suosituksia tutkimustarpeen lisääntymisestä. Tästä johtuen ei YVY-projektin loppuraportissa esitettyjä jatkotutkimuksia mm. erilaisten viemäröintiratkaisujen toimivuuden selvittämiseksi sekä suositusten ja ohjeiden laatimisperusteiksi ole suoritettu. YVY-projekti ehdotti suunniteltavaksi ja toteutettavaksi mm. seuraavan tutkimuksen (Tiainen 1977):

"Erilaisten viemäröintitapojen aiheuttamat haitat puhdistamojen toiminnalle sekä haittojen poistamiseen tarvittavien ratkaisujen kehittäminen. Tutkimukseen liittyy myös eri viemäröintitapojen vertailu vesistön kuormituksen kannalta ja sen lähtöaineistona tulisivat olemaan hulevesitutkimusten ja puhdistamojen toimivuusselvitysten tulokset."

Edellytykset YVY-projektin ehdottaman aiheen tutkimiseen ovat oleellisesti parantuneet vuoden 1977 jälkeen, koska "Valtakunnallisen hulevesitutkimuksen 1977-1979" tuloksena on jo käytettävissä tietoja huleveden määrästä ja laadusta (mm. Melanen 1980) ja vesihallinnon toimesta suoritettava viemäri-veden puhdistamojen toimivuusselvitys on valmistunut (Vesihallitus 1979 a).

Toimivuusselvityksessä on pyritty selvittämään puhdistamojen huonon toiminnan syitä ja parantamismahdollisuuksia. Yleisimpänä huonon toiminnan syynä on puhdistamojen hydraulinen ylikuormitus, joka aiheutuu mm. hule- ja vuotovesistä. Lyhytaikaiset virtaama- ja laatuvahtelut ovat aiheuttaneet toimintahäiriöitä niilläkin puhdistamoilla, joilla vuoden keskivirtaama on selvästi alle mitoitusvirtaaman.

Tutkimustarvetta tukevat myös Suomen Kaupunkiliiton (1979) ja Suomen Kaupunkiliiton et al. (1977) kannanotot, joiden mukaan sekaviemäreiden toiminnan tehostaminen vaatii mm. nykyisten sekaviemäreiden määrän, laadun, ongelmien ja uusimiskustannusten inventointia, ja joiden mukaan sekaviemäröinnin parantaminen on vesiensuojelun kannalta tärkeä kysymys.

Vesihallituksen ja Teknillisen korkeakoulun yhteistyönä on suoritettu seka- ja erillisviemäröinnin vertailun perusteisiin liittyviä esitutkimuksia (Laukkanen 1978, Järvinen 1979). Niiden jatkona on vesihallitus suorittanut suurimpien seka- viemäröityjen yhdyskuntien viemärilaitosten inventoimiseksi kirjallisen tiedustelun v. 1979. Se kohdistui 19 kuntaan, joiden alueella oli lähes puolet koko maan sekaviemäreistä. Tämä raportti on laadittu pääasiassa em. tiedustelun vastausten perusteella. Tiedustelun tuloksia on varmennettu ja täydennetty paikan päällä.

Sekaviemäröinnin inventoinnin tavoitteena on ollut selvittää:

- sekaviemäreiden kunto
- uusittavien sekaviemäreiden määrä
- uusimisen syyt (järjestelmän muuttaminen, huono kunto,

- riittämätön kapasiteetti) ja kiireellisyys
- puhdistamon ohijuoksutuksia ja verkoston ylivuotokuormia sekä
- sekaviemäriverkoston saneerauskustannuksia.

Puhdistamoilta kootun aineiston (ns. valvontatulokset) perusteella on pyritty lisäksi selvittämään, voidaanko vuosikeskiarvoina olevalla aineistolla todeta:

- verkostoylivuotojen ja puhdistamon ohijuoksutusten osuutta viemärilaitoksen kokonaiskuormituksesta
- viemäriverkoston (sekaviemäröinnin) vaikutusta viemärivereden määrään ja laatuun ja/tai
- puhdistamolle tulevan kuormituksen vaihtelun ja puhdistustuloksen riippuvuutta toisistaan.

2. K Ä Y T E T T Y A I N E I S T O

Johdannossa mainitun esiselvityksen (Laukkanen 1978) perusteella valittiin 20 yhdyskuntaa, joissa oli eniten sekaviemäröityjä alueita. Sekaviemäröinnin osuus vaihteli siten, että se oli suurin Kuusankoskella, 94,7 %, ja pienin Tampereella, 7,4 % koko kunnan viemäriverkostopituudesta laskettuna. Käytännössä valinta kohdistui paitsi suurimpiin myös vanhimpiin viemärilaitoksiin, koska aiemmin on ollut tapana rakentaa sekaviemäröinti kaupunkien keskusta-alueille. Valituilta yhdyskunnilta tiedusteltiin suostumus vastauslomakkeiden täyttämiseen etukäteen.

Em. yhdyskunnille vesihallitus lähetti kirjallisen tiedustelun 6.6.1979 ja vastaukset saatiin saman vuoden syksyllä. Tänä aikana tutustuttiin myös paikan päällä useimpiin kyselyn kohteena olleisiin viemärilaitoksiin.

Kysely (Liite 1) sisälsi pääkohdittain seuraavat asiat:

- yleistiedot koko kunnan viemärilaitoksesta
- viemäriverkostopituudet, niiden tyyppi-, kunto-, rakennus- tapa- ja materiaalitiedot viemäröintialueittain.
- viemäreiden rakennus- ja korjaustoiminnan v. 1978 sekä lähi-vuosien rakennussuunnitelmat
- puhdistamoilla mitatun viemärivereden määrä- ja laatutiedot (BHK₇, kok.P) vuosien 1974-78 vuosikeskiarvoina.

Vastanneilla 19 kunnalla oli yhteensä 41 jätevedenpuhdistamoa ja viemäröintialuetta, joista 31 sisälsi sekaviemäreitä.

Viemärivereden laatutiedot saatiin huomattavalta osalta puhdistamoille vesioikeuden luvissa asetettuina valvontavelvotteina vesihallitukseen kerääntyneestä aineistosta.

Puhdistamojen virtaama- ja viemärivereden laatutietoja ei eten-kään aikaisemmilta vuosilta ole ollut kaikilta puhdistamoilta saatavissa. Em. 31 puhdistamon ryhmässä vain 16:lla oli esi-merkiksi kaikilta vuosilta (1974-78) havaintoja viemäriveresi-virtaamasta. Puhdistamojen ohijuoksutuksista ja erityisesti verkostoylivuodoista havaintoja oli erityisen vähän.

Vastauksissa ilmoitettuja sademääriä on täydennetty Ilmatieteen laitoksen sadehavainnoista ao. tai lähimmällä paikakunnalla. Helsingin kaupungin osalta on käytetty Kaisaniemen sadehavaintoja.

Kyselylomakkeilta aineisto siirrettiin tarkistusten ja em. täydennysten jälkeen atk-käsittelyyn, jossa siitä laskettiin tavanomaiset tunnusluvut (keskiarvot, keskihajonnat ja ääriarvot) sekä muuttujien keskinäiset riippuvuudet (korrelaatiokertoimet).

Luvuissa

3.1 "Viemäriverkostot v. 1978",

3.2 "Viemäreiden rakennus- ja korajustoiminta v. 1978" sekä

3.3 "Lähivuosien rakennus- ja korjaussuunnitelmat"

viemäriverkostoja koskevien kohtien tulokset on laskettu koko aineistosta, joka sisälsi kaikki 41 viemäriverkostoa.

Kohdassa 3.5 "Sekaviemäroinnin vaikutukset viemärivereden määrään ja laatuun sekä puhdistamon toimintaan vuosikeskiarvojen perusteella" on sen sijaan em. aineistosta karsittu ne viemärilaitokset (10 kpl), joista ei ollut virtaama- ja/tai laatuhavaintoja tai viemäriverkostoon ei sisällynyt sekaviemäreitä. Karsitut viemärilaitokset olivat joko pienten sivutaajamien viemärilaitoksia (esim. Kuopio, Riistavesi) tai pelkästään erillisviemäroityjä alueita (esim. Helsinki, Lauttasaari). Aineiston sisältämät viemärilaitokset on esitetty kuvassa 1 ja käytetty aineisto liitteessä 2.

3. T U L O K S E T J A N I I D E N T A R K A S T E L U

3.1 VIEMÄRIVERKOSTOT V. 1978

3.11 Viemäreiden määrä ja kunto

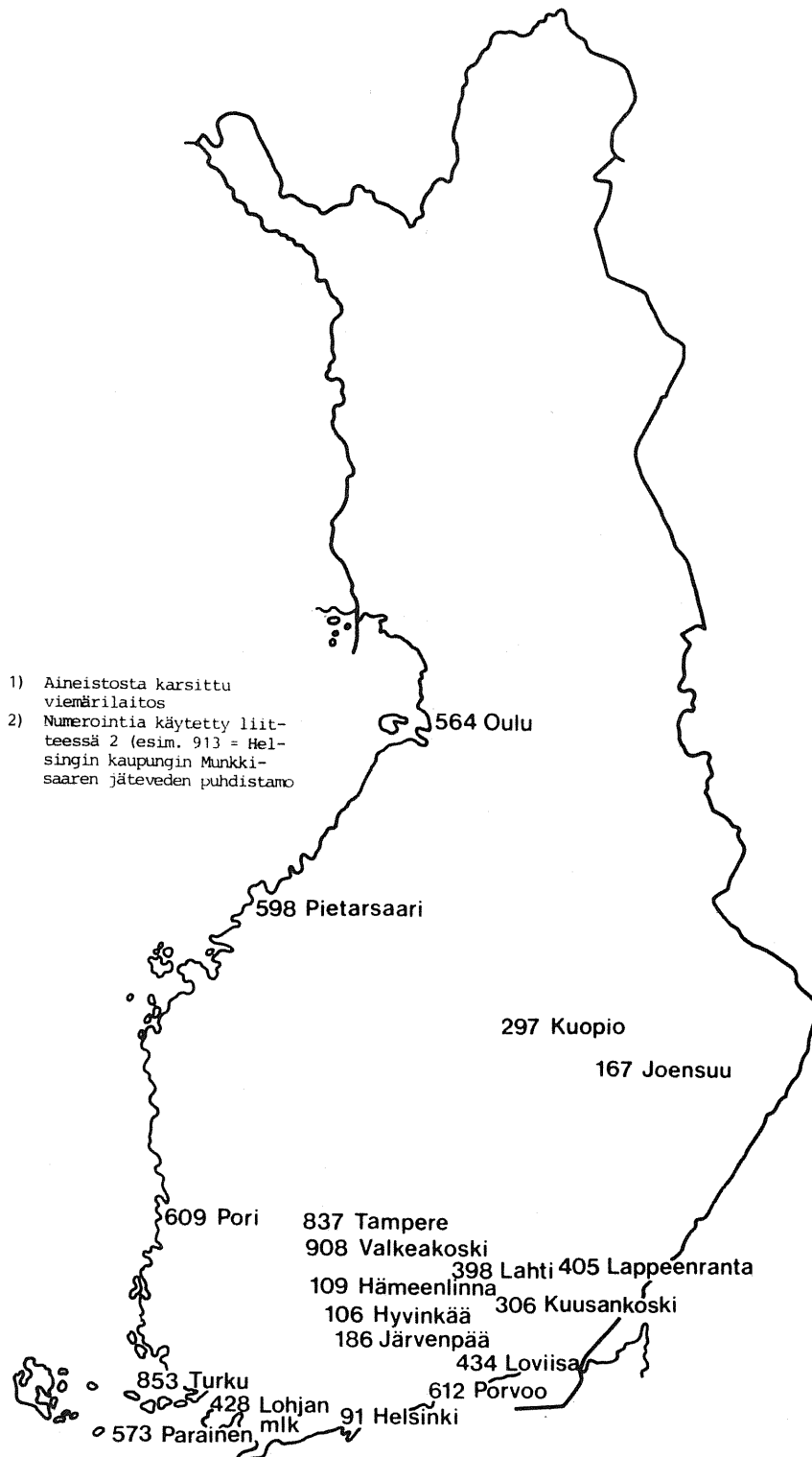
Viemäreiden kokonaispituus oli Suomessa vuoden 1978 lopussa n. 20 000 km, josta jätevesiviemäriä n. 13 000 km eli 65 %, sekaviemäriä n. 4 000 km eli 20 % ja sadevesiviemäriä 3 000 km eli 15 % (Vesihallitus 1979 b).

Viemäriverkostojen yhteispituus tiedusteluun vastanneissa yhdyskunnissa oli 5 690 km, mikä oli noin 28 % koko maan viemäriverkostojen yhteenlasketusta pituudesta vuoden 1978 lopussa. Sekaviemäreiden osuus aineistossa oli 31 %, kun se koko maassa samana ajankohtana oli 20 % (Taulukko 1).

Taulukko 1. Viemäreiden jakaantuminen viemärointitavan ja putkimateriaalin mukaan inventointikunnissa 31.12.1978.

Putki- materiaali	Seka- viemärit		Jätevesi- viemärit		Sadevesi- viemärit		Yhteensä	
	km	%	km	%	km	%	km	%
Betoni	1623	28,5	1621	28,5	1667	29,3	4911	86,3
Muovi	65	1,1	490	8,5	23	0,6	578	10,2
Muut	77	1,4	116	2,0	8	0,1	201	3,5
Yhteensä	1765	31,0	2227	39,0	1698	30,0	5690	100

- 91 HELSINKI
1 Tali
2 Lauttasaari 1)
3 Munkkisaari 2)
4 Kyläsaari
5 Viikki
6 Herttoniemi
7 Vuosaari 1)
8 Laajasalo 1)
- 106 HYVINKÄÄ
1 Hyypellä
2 Martti
3 Kittelä
- 109 HÄMEENLINNA
1 Parainen
- 167 JOENSUU
1 Kuhansalo
- 186 JÄRVENPÄÄ
1 Keskuspuhdistamo
- 297 KUOPIO
1 Lehtoniemi
2 Riistavesi 1)
- 306 KUUSANKOSKI
1 Akanoja
- 398 LAHTI
1 Ala-Juhakkala
2 Kariniemi
3 Renkonmäki 1)
- 405 LAPPEENRANTA
1 Toikansuo
- 428 LOHJAN MLK
1 Munkkaanoja
2 Peltoniemi
- 434 LOVIISA
1 Vårdö
- 564 OULU
1 Kaup.puhdistamo
- 573 PARAINEN
1 Paraisten puhdistamo
- 528 PIETARSAARI
1 Kaupungin puhdistamo
- 609 PORI
1 Kaanaa II
2 Kyläsaari 1)
3 Luotsinmäki
4 Mäntykallio 1)
5 Pihlava
6 Uusiniitty 1)
- 612 PORVOO
1 Kokoriniemi
- 837 TAMPERE
1 Viinikanlahti
2 Rahola 1)
3 Kämenniemi 1)
- 853 TURKU
1 Keskuspuhdistamo
- 908 VALKEAKOSKI
1 Valkeakosken puhdistamo
2 Koivuniemen puhdistamo
3 Yli-Nissin puhdistamo



Kuva 1. Aineistoon sisältyvät viemärilaitokset (valtion tilasto-toimen kuntakoodeilla numeroituina).

Viemäreistä oli suurin osa rakennettu betoniputkista. Muiden putkien materiaali oli muovia, valurautaa, terästä, asbestisementtiä, puuta, savea, tiiltä, lasitettua ruukkuputkea tai kyseessä oli kalliotunneli.

Inventointikuntien viemäreistä on pääosa (n. 70 %) rakennettu 1960- ja 1970-luvuilla ts. ne ovat enintään 20 vuotta vanhoja. Muoviputkien osuus on tänä aikana kasvanut betoniputkien kustannuksella. Yli 40 vuotta vanhoja betoniputkia oli käytössä enää suhteellisen vähän (n. 5 %) ja pääosa niistä oli sekaviemäreitä. Kaikkein uusimpia olivat sadevesiviemärit (Taulukko 2).

Taulukko 2. Viemäreiden osuudet (%) kokonaispituudesta viemäröintitavan, putkimateriaalin ja iän mukaan inventointikunnissa 31.12.1978.

Ikä v.	Sekaviemärit			Jätevesiviemärit			Sadevesiviemärit			Yhteensä		
	%			%			%			%		
	Betoni	Muovi	Muu	Betoni	Muovi	Muu	Betoni	Muovi	Muu	Betoni	Muovi	Muu
0-5	0,8	0,8	0,0	4,3	6,8	0,5	9,4	0,5		14,5	8,1	0,5
6-10	1,7	0,3	0,1	6,8	1,6	1,0	8,8	0,1	0,0	17,3	2,0	1,1
11-20	8,0	0,0	0,2	10,0	0,1	0,3	8,2	0,0	0,1	26,2	0,1	0,6
21-40	13,7		0,3	6,8		0,1	2,3			22,8		0,4
yli 40	4,3		0,8	0,6		0,1	0,6			5,5		0,9
Yhteensä	28,5	1,1	1,4	28,5	8,5	2,0	29,3	0,6	0,1	86,3	10,2	3,5

Putkiläpimitan mukaan viemärit jakaantuivat (%) seuraavasti:

Viemäröintitapa	Viemäreitä %			
	≤ 300 mm	≤ 600 mm	> 600 mm	Yht.
Sekaviemärit	63	27	10	100
Jätevesiviemärit	80	16	4	100
Sadevesiviemärit	50	34	16	100

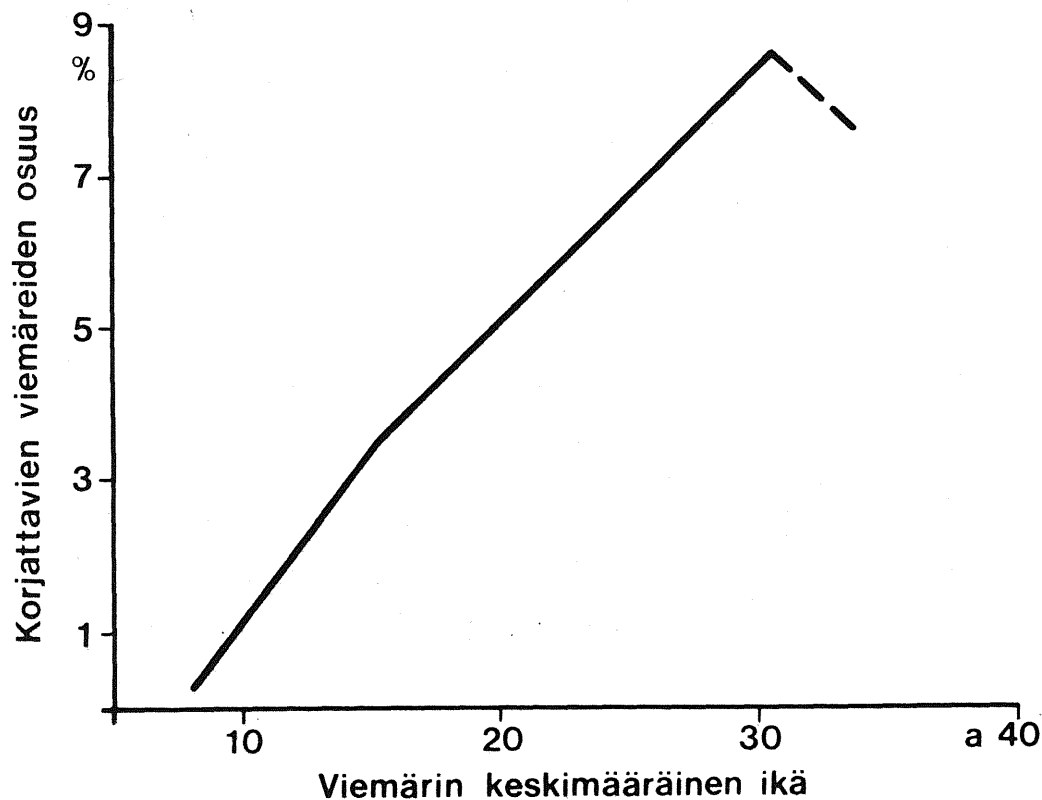
Asetelmasta voidaan todeta, että kaikissa viemäröintitavoissa ≤ 300 mm:n läpimitta on vallitseva (50-80 %).

Viemäriverkkojen ikäjakaumaan liittyen tiedusteltiin myös verkoston kuntoa. Vastaajia pyydettiin arvioimaan, kuinka paljon kussakin ikäryhmässä arvioidaan olevan hyvää, tyydyttävää ja huonoa viemäriä prosentteina kokonaispituudesta.

Huonokuntoisimpia viemäreistä olivat vanhat betoniset sekaviemärit ja jätevesiviemärit. Kun betoniviemäreiden ikä ylittää 20 vuotta, kasvaa huonokuntoisten sekä- ja jätevesiviemäreiden osuus huomattavaksi (24-61 %) (Taulukko 3).

Taulukko 3. Viemäreiden kunnan arviointitulokset viemäröintitavan, putkimateriaalin ja iän mukaan (% viemäripituudesta) inventointikunnissa 31.12.1978.

Ikä	Viemäri					Jätevesiviemärit					Sadavesiviemärit				
	Vastaus- ten lukum. kpl	%				Vastaus- ten lukum. kpl	%				Vastaus- ten lukum. kpl	%			
a		Hyvä	Tyyd.	Huono	Yht.		Hyvä	Tyyd.	Huono	Yht.		Hyvä	Tyyd.	Huono	Yht.
Betoni viemärit															
0-5	10	100			100	21	95	5	0	100	25	99	1	0	100
6-10	15	80	19	1	100	26	84	13	3	100	25	87	13	0	100
11-20	22	43	41	16	100	21	57	32	11	100	22	62	30	8	100
21-40	21	15	45	40	100	11	35	41	24	100	12	56	32	12	100
yli 40	13	13	26	61	100	2	20	50	30	100	3	46	36	18	100
Muovi viemärit															
0-5	13	98	2	0	100	30	99	1	0	100	9	96	4	0	100
6-10	7	96	4	0	100	19	95	5	0	100	5	95	5	0	100
11-20	1	100	0	0	100	2	100	0	0	100	2	90	10	0	100
21-40															
yli 40															
Muut viemärit															
0-5						7	100	0	0	100	2	100	0	0	100
6-10	4	100	0	0		8	97	3	0	100	2	97	3	0	100
11-20	6	55	33	12	100	6	86	13	1	100	1	100	0	0	100
21-40	4	78	5	17	100	1	70	25	5	100	1	100	0	0	100
yli 40	1	20	50	30	100										



Kuva 2. Korjattavien viemäreiden osuus (%) betoniputkiviemäreiden kokonaismäärästä viemäreiden iän mukaan.

Jos arvioidaan, että "huonoiksi" määritellyt viemärit vaativat korjausta tai uusimista, saadaan (taulukoiden 2 ja 3 perusteella) korjattavien tai uusittavien betoniputkiviemäreiden määräksi vuoden 1978 lopussa inventointikunnissa n. 800 km eli n. 16 % betoniputkiviemäreiden kokonaismäärästä (n. 4 900 km) ja huonokuntoisten betoniputkiviemäreiden määrä kasvaa vuosittain n. 0,4 % (betoniputkiviemäreiden kokonaismäärästä) eli n. 20 km (Kuva 2). Eri viemäröintitapojen kesken jakaantuvat nämä "huonot" betoniviemärit seuraavasti:

sekaviemärit	5 km
jätevesiviemärit	14 km
sadevesiviemärit	<u>1 km</u>
yhteensä	20 km

3.12 P u t k i e n s a u m a u s j a v u o t o j e n s y y t

Suomessa on suoritettu suppeilla alueilla tutkimuksia (Huttunen 1977), joilla on selvitetty vuotovesien syiden eri osatekijöitä (putkiliitokset, tonttijohdot, kuivatusvedet jne.), mikä on vuotovesien vähentämiseen tähtäävän toiminnan tarkoituksenmukaisuuden (kustannus/vaikuttavuus) edellytyksenä. Karkeasti arvioituna tonteilta tulevan veden osuus on ollut 40-60 % vuotovesivirtaamasta.

Ulkomaisissa tutkimuksissa on raportoitu sateenaikaisesta virtaamalisäyksestä tulevan 40-80 % tonteilta. Suomessa tehdyistä viemäriveresimäärämittausten tuloksista voidaan yleistäen sanoa, että vuotovesien määrä on keskimäärin ollut samaa suuruusluokkaa kuin varsinainen jätevesimäärä, mitä on myös pidetty peukalosääntönä erillisviemäreiden mitoituksessa (Laikari 1976).

Tampereen vesipiirin tutkimuksen mukaan (Innmaa 1973) betoniputkiliitosten yleisimpiä asennusvirheitä ovat olleet väärin asennetut tiivisteteet, väärät tiivistepaksuudet ja epätasaiset tiivistyspinnat sekä varomaton putkien käsittely.

Ruotsissa tehdyn tutkimuksen (Tjäder ja Johansson 1972) mukaan todettiin TV-kuvauksessa kumirengastiivistesteiden betoniputkien suurimmiksi vaurioryhmiksi tärkeysjärjestyksessä:

- 1) vahingoittunut tai viallinen putki
- 2) "notkelmat" ja paikaltaan siirtymiset
- 3) saumat, joissa tiivistysrengas liukunut pois muhvista
- 4) rikkoutuneet tai kelvottomat taloviemäri-liitokset
- 5) kasvillisuuden juuret, irtokivet ym.

Viemäreiden vuotojen yleisimmät syyt Englannissa olivat seuraavat (Laikari 1979):

- hoidon puute
- murtumat, sortumat
- puiden juuret, jotka kasvavat putkien sisään ja keräävät tukkeutumia
- liikennekuorman aiheuttamat painumat, jotka murtavat putket
- siltti ja multa jätevesiviemäreissä kuluttavat tiili-putkia
- tiiliviemärien liitosten laasti on kulunut ja kadonnut (vaikka tiilet saattaisivat olla hyvässä kunnossa)
- painumat tiilien alla.

Tärkeimpiä viemäreiden kunnan huononemiseen vaikuttavia tekijöitä olivat:

- alusta- ja täyttömateriaali
- putkien materiaali ja liitoskonstruktiot
- sisäänsuotautuminen
- pintakuorman luonne
- riittämätön gradientti
- ikä.

Betoniputkien yleisin saumaustapa on nykyisin kumitiiviste, joka on Suomessa ollut käytössä 1960-luvun alkupuolelta saakka. Sitä edelsi pikisaumaus, jonka yhteydessä käytettiin rivettä (tai sota-aikana lastuvillaa) muhvin pohjalla, ja suuremmissa muhvitomissa putkissa huopaa sauman ympärillä. Vanhemmissa viemäreissä täytettiin saumat myös betonilla, laastilla tai savella rivettä käyttäen tai ilman, jolloin liitoksesta tuli jäykkä. Tiivistämättömiäkin saumoja on vielä verkostoissa, joskin vähän (Taulukko 4).

Taulukko 4. Betoniviemäreiden yleisimmät saumaustavat ikäryhmittäin inventointikunnissa 31.12.1978.

Yleisimmät saumaustavat	Vastousten lukumäärä kpl				Yhteensä
	0-10 a	11-20 a	21-40 a	yli 40 a	
Kumitiiviste	132	12			144
Piki+rive, piki+huopats.	1	23	18	8	50
Betoni, laasti		14	3	3	20
Savi, savi+rive		10	12	9	31
Tiivistämätön		2	1		3
Yhteensä	133	61	34	20	248

Viemäriputkien heikot liitokset, liitokset kaivoihin ja vuotavat kaivojen pohjat ovat selvästi pääasiallisin viemäreiden vuotojen syy. Eniten vuotojen syitä on ilmoitettu 1960-luvulla (11-20 a vanhoissa) rakennetuissa viemäreissä (Taulukko 5).

Taulukko 5. Betoniviemäreiden vuotojen syyt ikäryhmittäin inventointikunnissa 31.12.1978.

Vuotojen syyt	Vastausten lukumäärä kpl				Yhteensä
	0-10 a	11-20 a	21-40 a	yli 40 a	
Putkien liitokset, liitokset kaivoihin, kaivojen pohjat.	26	18	15	6	65
Katkeamat, painumat, suuntaoikeamat	9	4	1	1	15
Syöpymät		7	10	5	22
Yhteensä	35	39	26	12	102

Korjaustarpeen arvioimiseen ja korjausmenetelmien kehittämiseen on mm. Englannissa kiinnitetty viime vuosina kasvavaa huomiota. Water Research Centre (WRC) on luokitellut viemärin kunnossapito- ja korjausmenetelmät seuraavasti (Strickland 1978):

a) Kunnossapito (maintenance)

Viemäreiden systemaattinen tarkastus ja puhdistus käsittää pienehköjä korjauksia, mutta ei sisällä päärakenteiden uudelleen rakentamista tai alkuperäisten mittojen muuttamista.

Kunnossapito sisältää liitosten korjaukset, tarkastusluukkujen uusimiset, astinraudat jne. ja halkeamien tiivistämisen, kun rakenne ei ole vaurioitunut.

b) Korjaus (renovation)

Toimenpide, joka tehokkaasti parantaa viemärin kuntoa ja lisää sen ikää, mutta ei paranna viemäriputken rakenteellista lujuutta.

c) Saneeraus (renewal)

Koko viemärien uudelleen rakentaminen kokonaisuutena samaan kokoon kuin alkuperäinen, mutta ei välttämättä samaan paikkaan.

d) Uusiminen (replacement)

Sisältää täysin viemärin uudelleen rakentamisen. Uusiminen voi sisältää parannuksia ja kehitystyötä.

Viemäreitä, joiden läpimitta on 1 000 mm tai suurempi, pidetään riittävän suurina, jotta voidaan suorittaa kunnossapitoa ja korjauksia menemällä niiden sisään. Pienemmät viemärit (600-1000 mm) sallivat sisään mentäessä ainoastaan yksinkertaisia tehtäviä tai tarkastuksia.

Korjausmenetelmien valinnasta on tehty seuraava ehdotus (Strickland 1978):

A = saumaus, painesaumaus	F = vuoraus sementeillä ja paneeleilla
B = sementtimuuraus	G = sujutusvuoraus termoplastisella letkulla
C = kemikaalimuuraus	H = taipuisat vuoraukset
D = tiivistys ja vedenpitävät yhdisteet	I = päällystäminen
E = vuoraus putkilla	

Korjausmenetelmän valinta	"Miehen mentävät viemärit"		"Ei miehen mentävät viemärit"
	vian laatu	(yli 1 000 mm) (600-1 000 mm)	(alle 600 mm)
1. Halkeilleet viemärit/vuotavat liittokset	B,C,D	B,C,D	B,C
2. Murtuneet viemärit	B,C,D,E,F,G,H	B,C,D,G,H	B,C,G,H
3. Särkyneet viemärit	E,F,G,H	E,G,H	G,H
4. Taipuneet viemärit	E,F,G,H	E,G,H	G,H
5. Siirtyneet viemärit	B,C,E,F,G,H	B,C,E,G,H	B,C,G,H
6. Avoimet liittokset	B,E,F,G,H	B,E,G,H	B,G,H
7. Korroosio	I	I	I
8. Kuluneet viemärit	I,F	I,F	I
9. Avoimet liittokset tiiliviemäreissä	A,B,D	A,B,D	B
10. Rakenteellisesti huonokuntoiset tiiliviemärit	E,F,G,H	E,F,G,H	G,H

Ennen kuin korjausmenetelmä voidaan valita, on tutkittava vaurion vakavuus. Tämä voi olla erittäin vaikeaa, jos se perustuu ainoastaan arviointiin. Ihannetilanteessa vastauksien seuraavien kysymyksiin tulisi olla käytössä ennen kuin korjauspäätös tehdään. Onko putki "tasapainotilassa"? (Putki on ollut särkynyt jonkin aikaa, mutta se ei ole huonontunut.) Onko putki muutostilassa? (Murtuma kasvaa). Mikä aiheutti muutostilan (jos tätä ei voida selvittää niin korjaus ei estä mahdollista vauriota). Lisätietoa menetelmän valintaan saadaan seuraavasta:

1) Halkeillut putki/tai vuotavat liittokset

Halkeilu voi vaihdella hiushalkeamasta suurempaan. Sementtimateriaalit eivät kykene täyttämään hiushalkeamia. Jos ne halutaan tiivistää on käytettävä kemikaaleja. Jos hiushalkeamia on runsaasti, on mahdollisesti suoritettava täydellinen sementtिलाasti-vuoraus.

2) Murtunut putki

Olettaen, että halkeama on suuri, mutta ei välttämättä rakennetta vahingoittanut, tiivistys tai vuoraus voi olla riittävä. Mikäli halkeamaa pidetään vakavana, on vuoraus välttämätön.

- 3) Särkynyt putki
Rakenteellinen vuorausmenetelmä on välttämätön, kun putki on paloina.
- 4) Taipunut putki
Vuorausmenetelmää voidaan käyttää, mutta taipuma voi merkitä kapasiteetin pienenemistä
- 5) Siirtynyt liitos
Siirtymän suuruus määrää korjaustavan. Pieni siirtymä korjataan muuraamalla, kun taas vakava siirtymä vaatii sujutuksen.
- 6) Avoin liitos
Vaurion vakavuus on jälleen määräävä tekijä. Sementointimenetelmät riittävät pienempiin vaurioihin, kun taas vakavat tapaukset vaativat sujutuksen.
- 7) Korroosion turmelemat putket
Korroosion syy on selvitettävä, jotta oikeat toimenpiteet voidaan suorittaa. Jos vauriot eivät ole vakavia, niin pinnoitusta voidaan käyttää. Vakavat vauriot voivat vaatia sujutuksen, mutta mikä tahansa menetelmä valitaankin, on korrodoitunut aines ensin poistettava putkien pinnoilta.

Viemärien vaurioita ja korjausta on yksilöity lisäksi valokuvamateriaalilla.

3.2 VIEMÄREIDEN RAKENNUS- JA KORJAUSTOIMINTA V. 1978

3.21 Uudet ja uusitut viemärit

Viemäreiden rakennus- ja korjaustoimintaan kohdistuneella kyselyllä pyrittiin selvittämään viemäriverkostojen määrässä ja rakenteissa tapahtuvia muutoksia sekä korjaustarvetta ja kustannuksia.

Inventoinnin kohteina olleissa kunnissa (19 kpl) viemäreiden rakennus- ja korjaustoiminnan määrä ja keskinäiset osuudet v. 1978 olivat seuraavat:

	Vastausten lukumäärä	Pituus		Kok. kustann.	
	kpl	km	%	mmk	%
Uudet viemärit	19	258	87	101,3	92
Uusitut viemärit	12	14	13	7,6	8
Muutetut viemärit	16	20		13,0	
Korjatut viemärit	9	4		1,2	
Yhteensä		296 km	100 %	123,1 mmk	100%

Uutta viemäriä rakennettiin 87 % viemärien pituudesta ja vanhaa uusittiin, muutettiin tai korjattiin yhteensä 13 %. Korjaustoiminnan osuus oli täten suhteellisen vähäistä uuden viemärin rakentamiseen verrattuna.

Koko maassa rakennettiin v. 1978 uutta viemäriä yhteensä 1 100 km eli 5,5 % viemärien kokonaispituudesta (20 000 km). Inventointikunnissa oli vuoden 1978 lopussa viemäreitä yhteensä n. 5 700 km. Niissä rakennettiin uutta viemäriä tällöin 258 km eli 4,5 % viemäreiden kokonaismäärästä eli likimain samassa suhteessa kuin koko maassa.

Viemäreitä rakennettiin koko maassa 325 mmk:lla v. 1978 ao. vuoden hintatasossa. Tiedusteluun vastanneissa kunnissa viemäriin investoitiin n. 123 milj. mk eli 38 % koko maan määrästä.

Vuonna 1978 rakennettiin inventointikunnissa uutta viemäriä yhteensä 258 km. Tästä 52 % oli betoniviemäriä ja 47 % muoviviemäriä ja 1 % muita putkimateriaaleja. Muut putkimateriaalit olivat enimmäkseen asbestisementtiputkia. Uusia sekaviemäreitä kokonaismäärästä oli vain 3,4 %. Suurin osa (96,6 %) oli erillisviiemäreitä.

Koko maassa v. 1978 rakennetuista uusista viemäreistä 26 % oli betoniviemäreitä ja 73 % muoviviemäreitä, joten muovin osuus koko maassa on ollut selvästi suurempi kuin inventointikunnissa.

Vuonna 1978 uusittiin viemäreitä entiseen käyttötarkoitukseen 12 kunnassa. Useimmat kunnat pyrkivät tekemään uusimistyöt omana työnä. Viemäripituuden ja rakennuskustannusten mukaan laskettuna uusittiin eniten betonista sekaviemäriä. Muovin ja muiden putkimateriaalien käyttö uusimisessa on ollut suhteellisen vähäistä. Samoin viemäreiden uusiminen verrattuna uusien viemäreiden rakentamiseen on ollut kustannuksiltaan vain noin 7 % ja viemäripituuden mukaan laskettuna noin 5 %.

3.22 K e s k i m ä ä r ä i s e t r a k e n n u s k u s t a n n u k s e t

Suurin osa uusista viemäreistä on rakennettu täysin uusille alueille. Rakennustyöt on tehty kuntien omana työnä tai urakoitsijain toimesta. Käytäntö eri paikkakunnilla on vaihdellut. Esimerkiksi Helsingin rakennussuunnitelmista toteutetaan rahana laskettuna noin 2/3 urakkatyönä. Vanhojen viemäreiden korjaukset tehdään yleensä omana työnä, kun taas suuremmat uudet työt teetetään urakalla. Oulussa pyritään pitämään oma viemäritöihin erikoistunut työryhmä töissä ympäri vuoden ja yli menevä työmäärä teettämään urakkatyönä. Rakennustyön kustannuksiin sisältyvät yleensä työ, tarveaineet ja valvonta.

Inventointikuntien viemäreiden keskimääräiset rakennuskustannukset (mk/m) vuonna 1978 sekä arviot rakennussuunnitelmissa vuosille 1979-84 olivat keskimäärin seuraavat:

	v. 1978		vv. 1979-84 (suunnitelmat)
	Muovi	Betoni	
Jätevesiviemärit	379	458	510
Sadevesiviemärit	397	365	558
Sekaviemärit	679	797	

Viemäreiden rakennuskustannuksista saatiin tietoa 10 kunnasta vuosilta 1977-79. Tulosten yhdistämistä ja vertailua on vaikeuttanut niiden ajoittuminen usealle vuodelle ja kustannusten kirjava litterointimenettely.

Kun verrataan kerättyjä keskimääräisiä kustannuksia Helsingin kaupungin (HKR) kustannuksiin pienten putkiläpimittojen (\emptyset 200-500) osalta asettuvat viimeksimainitut ylimpien kustannusten tuntumaan aineistossa. Kerätyn aineiston hajonta osoittaa, että kustannusten yläraja voi olla 2-4 kertaa niiden alaraja. Suuremmista putkiläpimitoista on saatu yksikköhintoja pääasiassa vain Helsingistä (HKR) (Taulukko 6).

Taulukko 6. Viemäreiden keskimääräisiä rakennuskustannuksia vv. 1977-1979.

Viemärin laatu, putkikoko ja materiaali	Havaintojen lukumäärä	Kustannukset mk/m		
		alin - ylin	keskiarvo	HKR
JV 200-300 M	10	200 - 772	380	730 ¹⁾
JV 315-500 M	6	300 - 625	407	
JV 225-300 B	5	173 - 270	278	
JV 400 B	2	327 - 334	330	
SV 225-300 B	5	212 - 451	283	
SV 400-600 B	5	309 - 548	389	684 ²⁾
JV 250-300 M, SV 300-400 B	5	482 - 987	715	1026
JV - " - , SV 500-600 B				1277
JV - " - , SV 800				1733
JV 400-500 B, SV 300-400 B				1881
JV - " - , SV 500-600 B				2052
600 B				1220
800 B	1		1018	1288
1000 B				1471

JV = jätevesiviemäri

M = muoviputki

SV = sadevesiviemäri

B = betoniputki

1) Helsingin kaupungin katurakennusosaston (HKR) keskimääräinen rakennuskustannus sisältäen sosiaali-, yleis- (10 %) ja yhteiskustannukset (20 %) (rak.kust. indeksi 210,0) JV 250-300 M

2) SV 300-400 B

Edellä esitetyt yksikköhinnat koskevat viemäreitä, jotka on rakennettu tukemattomalle sepeliarinalle 2-3 m syvään maakaivantoon. Mikäli viemärin rakentaminen Helsingissä on edellyttänyt betoniarinää, ovat kustannukset nousseet keskimäärin 1,3 kertaiseksi ja betoniarinalla ja paalutuksella keskimäärin 1,7 kertaiseksi tukemattoman sepeliarinan tapaukseen verrattuna. Kalliokanavan louhinta Helsingissä on nostanut viemäreiden keskimääräisiä kustannuksia maakaivantoon verrattuna keskimäärin 1,6 kertaiseksi (kallion osuus 70 % kanavan massoista).

3.23 Viemäröintitavan muutokset

Viemäröintitavan muutokset vuonna 1978 tapahtuivat yksinomaan sekaviemäröinnistä erillisviemäröintiin koskien pääasiassa betonisia sekaviemäreitä 14 kunnassa. Muovisia sekaviemäreitä muutettiin erillisviemäreiksi 4 kunnassa. Viemäröintitavan muutokset vähensivät sekaviemäreiden määrää inventointikunnissa v. 1978 n. 20 km (Taulukko 7).

Taulukko 7. Sekaviemäreiden muutokset erillisviemäreiksi v. 1978 inventointikunnissa.

Vanhan sekaviemärin putkimateriaali	Tapausten lukumäärä kpl	Pituus km	Kustannus mmk
Betoni	14	16,1	11,9
Muovi	4	3,0	0,93
Asbestisementti	1	0,4	0,13
Lasitettu ruukkuputki	1	0,4	0,11
Yhteensä		19,9	13,07

Viemäröintitavan muutosten syyt käyvät parhaiten ilmi annetuista tyypillisistä vastauksista:

- Katujen uusimistöiden yhteydessä rikkoutuneiksi havaittuja sekaviemäriosoituksia on muutettu erillisviemäreiksi (Helsinki).
- Vuotavat ja/tai sortuneet katuviemärit on korjattu ja samalla muutettu erillisjärjestelmäksi (Hämeenlinna).
- Vanha sekaviemäri on muutettu hulevesiviemäriksi ja rinnalle on rakennettu uusi jätevesiviemäri (Lahti).
- Viemäriputket ovat olleet erittäin huonossa kunnossa ja sadevesien määrää puhdistuslaitoksella haluttu vähentää (Loviisa).
- Tietyn kaupunginosan uudelleenrakentamisen (suurkorttelit) yhteydessä on rakennettu jätevesiviemärit ja sadevesiviemäreitä osan vanhoista toimiessa korjauksin pintavesiviemäreinä (Oulu).
- Suurista vuotovesimääristä johtuen jätevesipuhdistamon toiminta vaikeutuu. Sen tehostaminen tapahtuu vuotovesimääriä vähentämällä mm. siirtymällä erillisviemäröintiin (Parainen).
- Katujen peruserustusten yhteydessä on viemäröintiä muutettu (Pietarsaari).
- Sadevesien pääsyn estäminen puhdistamolle, putkien huono kunto on ollut muutosten syynä (Pori).
- Muutos perustuu vesi- ja viemäriverkon yleissuunnitelmaan vuodelta 1977 (Porvoo).
- Syinä ovat olleet ylivuotojen, puhdistamoille sekä pumpuamoille tulevien virtaamien vähentäminen ja kellari-tulvavaaran poistaminen sekä sekaviemärin liian pieni kapasiteetti ja huono kunto (Turku).

Vastauksista voidaan yhteenvedona todeta, että muutokset on suoritettu viemärin huonokuntoisuuden tai pienen kapasiteetin vuoksi tai syynä on ollut viemärlaitoksen muiden osien kapasiteettivajaus (pumppuamot, puhdistamot). Töiden toteuttaminen on usein liittynyt laajempaan rakentamis- tai uusimistyöhön, kuten katujen tai kortteleiden uudelleenrakentamiseen. Vanhoista betoni- ja muoviviemäreistä noin puolet jäi käyttöön. Uudeksi putkimateriaaliksi betoni- ja muoviviemäreiden tilalle valittiin useimmiten entinen materiaali.

3.24 V i e m ä r e i d e n k o r j a u s

Korjaustoiminnasta v. 1978 kysyttiin kunnilta tiivistettyjen viemäreiden pituutta, kustannuksia ja tiivistystapaa. Tiivistystoimenpiteitä suoritettiin 9 kunnassa. Näissä kunnissa korjattiin 4 km viemäreitä sujuttamalla, jonka kokonaiskustannus oli 1,21 mmk. Injektoimalla tiivistettyjen viemäreiden määrä oli 0,5 km ja kokonaiskustannus 0,065 mmk.

Sujutus

Vanhoja viemärlinjoja korjattaessa tai uusittaessa on käytetty pääasiassa ns. sujutusmenetelmää, jossa muoviputki - tavallisesti PVC- tai PE-putki - on työnnetty tai vedetty vanhan putken sisään. Sujutusta varten uusittava viemäriosuus on jouduttu avaamaan toisesta päästä, jotta uusi putki on voitu syöttää yhtenäisenä vanhan sisälle.

Ruotsissa on kehitetty menetelmä, jossa sopivan mittaiset putkenpätkät on työnnetty vanhan viemärin sisään tunkkilaitteella ja pätkät on liitetty toisiinsa joko kumitiivistemuhveilla (PVC) tai uurresaumoilla (PE) (Suomen Betoniteollisuuden Keskusjärjestö 1979).

Injektointi

Vuotavien saumojen paikkaukseen soveltuvia menetelmiä on mm. sisäpuolinen paineinjektointi. Laitteisto koostuu TV-kamerasta ja viemärin tiivistinlaitteesta. Laitteistoa vedetään putkessa ja tiivistinlaitteen tullessa viiallisen sauman kohdalle tämä eristetään täyttämällä laitteeseen kuuluvat ilmatyyny. Eristetystä tilasta painetaan injektointiainetta ja katalysaattori vuotokohtaan ja ympäröivään maaperään. Vuotokohdat täyttyvät seoksella, joka kovettuu tietyn ajan kuluessa.

Yhdysvalloissa suoritettujen koeohjelman perusteella paineinjektointin on todettu olevan hinnaltaan noin puolet sujutuksen kustannuksista (Suomen Betoniteollisuuden Keskusjärjestö 1979).

Korjaustoiminnan vaikutukset

Kunnilta kysyttiin myös korjaustoiminnan vaikutuksia ja mahdollisesti jäljestäpäin havaittuja odottamattomia seikkoja saneerattujen viemäreiden ja puhdistamoiden toiminnassa.

Lähes puolet kunnista vastasi, että vesimäärät ovat puhdistamalla pienentyneet ja viemärit ovat toimineet odotusten mukaisesti. Samoin noin puolet vastasi, että tähän mennessä on saneerattu liian vähän, jotta mitään muutoksia havaittaisiin. Joissain tapauksissa vastattiin, että uusittaessa verkoston latvaosia erillisjärjestelmäksi on tulviminen usein lisääntynyt verkoston alajuoksun uusimattomilla johto-osuukilla.

3.3 LÄHIVUOSIEN RAKENNUS- JA KORJAUSSUUNNITELMAT

Rakennussuunnitelmiin liittyvällä inventoinnilla pyrittiin selvittämään kuntien lähivuosien rakennustoimintaa sekaviemärien määrän ja osuuden muutosten arvioimiseksi. Rakennussuunnitelmiaan selosti 18 kuntaa. Uusimis- ja korjaustarvetta oli 12 kunnalla. Suunnitelmia sekaviemäristä erillisviemäriin oli 14 kunnalla, mutta kenelläkään ei ollut toisinpäin. Suunnitelmien toteuttamista rajoittaa useimmissa kunnissa kiinteä budjettisumma. Suunnitelmat oli yleisimmin laadittu vuosille 1978-84. Suunnitelmat olivat laatimisajankohdan (1978-79) hintatasossa.

	Yhteensä vuosina 1979-84				Keskimäärin vuodessa	
	Pituus km	%	Kustannus mmk	%	Pituus km	Kustannus mmk
Rakennussuunnitelmat	604	74	340	73	101	57
Uusimissuunnitelmat	102		50			
Muotossuunnitelmat	85	26	66	27	35	21
Korjaussuunnitelmat	24		9			
Yhteensä	815	100	465	100	136	78

Uutta viemäriä on suunniteltu rakennettavan keskimäärin vuosittain 101 km ja vanhoja uusittavan ja korjattavan 35 km, mikä on alle puolet vuoden 1978 määrästä. Uusien viemäreiden rakentamissuunnitelmat (18 kuntaa) liittyvät suurimmaksi osaksi erillisviemäreiden rakentamiseen. Ainoastaan neljässä kunnassa tullaan osa uusista viemäreistä rakentamaan sekaviemäreinä.

Suunnitellut viemäröintitavan muutokset ko. kunnissa ovat sekaviemäreiden muuttamista erillisviemäreiksi. Muotossuunnitelmat koskevat vuosittain keskimäärin 14 km viemäriä, mikä on hieman vähemmän kuin v. 1978.

Inventointikunnat suunnittelivat korjaavansa viemäreitä vuosina 1979-84 yhteensä noin 24 km. Kustannuksiksi on arvioitu 8,81 milj. mk. Kokonaismäärästä on 20 % tiivistettäviä sekaviemäreitä ja 80 % on jätevesiviemäreitä. Tiivistettävät vie-

märiputket ovat pelkästään betonia. Tiivistysmenetelmänä tulee olemaan sujutus yhtä poikkeusta lukuunottamatta, jossa injektoidaan osa tiivistettävistä viemäreistä. Tiivistettäväksi suunniteltujen viemäreiden osuus on pieni samana aikana rakennettujen uusien viemäreiden määrään verrattuna.

Viemäreiden keskimääräinen rakennus- ja korjaustoiminta näyttäisi vähenevän melkoisesti lähivuosina (296 km v. 1978; 136 km/a 1979-84). Uusien viemäreiden rakennussuunnitelmat muodostavat edelleen valtaosan (74 %) viemäri-investoinneista. Vanhojen viemäreiden uusimis-, muutos- ja korjaustöiden osuus on kuitenkin selvästi kasvamassa, kun verrataan sitä vuoden 1978 rakennus- ja korjaustoimintaan.

Jos tavoitteeksi asetetaan inventointikuntien kaikkien huonojen betoniviemäreiden (n. 800 km v. 1980 + n. 20 km/a) kunnostaminen alavalla vuosikymmenellä, tulisi korjaustoiminnan näissä kunnissa 1980-luvulla olla kolminkertainen (n. 100 km/a) suunniteltuun määrään (35 km/a) verrattuna.

Vuosien 1979-84 rakennus- ja korjaussuunnitelmien johdosta muuttuvat seka- ja erillisviemäreiden suhteet vuosittain inventointikunnissa keskimäärin 0,7 % (viemäreiden kokonaispituudesta) erillisviemäreiden hyväksi sekaviemäreiden kustannuksella. Vuonna 1984 on sekaviemäreiden osuus 27 % ja erillisviemäreiden 73 % kokonaispituudesta.

3.4 TULOSTEN TARKASTELUA JA JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Edellä käsitelty aineisto koski viemäriverkostoja sellaisissa kunnissa, joissa oli sekaviemäreitä. Nämähän ovat voimakkaasti keskittyneet tiettyihin kuntiin: mm. 1/2 eli n. 2000 km kaikista sekaviemäreistä on vain 20 kunnan alueella. Aineisto sisälsi vajaan puolet (44 %) koko maan sekaviemäreistä, lähes viidenneksen (17 %) jätevesiviemäreistä ja yli puolet (57 %) sadevesiviemäreistä vesihuoltotilastoon 31.12.1978 (Vesihallitus 1979 b) verrattuna.

Aineiston on katsottava edustavan - alkuperäisen tarkoituksensa mukaisesti - sekaviemäröityjen yhdyskuntien viemäriverkostoja, mutta ei kaikissa (ikä- ja putkimateriaalijakuma) suhteissa erityisen hyvin koko maan viemäriverkostoja. Kaikkien viemäröintitapojen osalta voitaneen otosta (17-57%) kuitenkin pitää määrältään melko edustavana. Sekaviemäröityjen yhdyskuntien paino aineistossa näkyy mm. siinä, että sekaviemäreitä oli aineistossa 31 %, kun koko maassa niitä oli 20 %.

Viemäreiden saumausta ja vuotojen syitä koskenut tiedustelu kohdistui vain yleisiin viemäriin. Tiedustelun ulkopuolelle jäivät näin ollen tonttijohdot, joita on arvioitu olevan sama määrä kuin yleisiä viemäreitä. Vastauksista ei myöskään käynyt ilmi, oliko esimerkiksi putkirikosta aiheutunut vuotojen ohella muuta haittaa tai vahinkoa kuten esimerkiksi

viemärin toimimattomuutta tai tulvimista. Näin ollen (kyselystä johtuva) informaation puute vaikeutti johtopäätösten tekemistä mm. siltä osin, mihin korjaustoimet tulisi ensin suunnata.

Tulosten yleistämisessä koko maan viemäriverkostoja koskevak-
si on asetettava - paitsi em. viemärointitapojen jakauman
osalta - mm. seuraavat (kohtaan 3.1 liittyvät) varaukset:

- Koska otos sisälsi maan suurimpien ja vanhimpien kaupun-
kien viemäriverkostoja keskimääräistä enemmän, heijastui
aineistossa myös aikaisemmin yleisemmin käytetyn betoniput-
ken osuus rakennusmateriaalina suurempana kuin koko
maan aineistossa, joka sisälsi runsaammin viime vuo-
sien rakennustyön tuloksina mm. muoviputkimateriaaleja.
Betoni- ja muoviputkien osuudet nimittäin käytetyssä aineistossa
olivat 86 % ja 10 %, kun taas koko maassa ne vesihallituk-
sen (1979 b) mukaan olivat 69 % ja 27 %.
- Edellämainitusta syystä betoniputkien keskimääräinen ikä
aineistossa voi olla hieman korkeampi kuin keskimäärin
koko maassa, mikä puolestaan voi aineistossa heijastua myös koko
maata suurempana huonokuntoisten putkien osuutena ja
korjaustarpeena. Vertailuaineistoa koko maan tilanteesta
ei ollut saatavissa.

Vuosi 1978 oli viemäriverkostojen rakentamisen kannalta vesi-
hallituksen (1979 b) mukaan likimain keskimääräinen: viemä-
rit ja jätevedenpumppuamot vv. 1970-78 keskimäärin 346 mmk ja
v. 1978 351 mmk (kesäkuun 1978 hintatasossa, rak.kust.indek-
si 180,1).

Rakennustoiminta oli tiedustelun kohteina olleissa kunnissa-
kin painottunut voimakkaasti uusrakentamiseen (87 % viemä-
rointipituudesta) korjaustoiminnan ollessa vähäisempää (13 %).
Keskimäärin koko maassa voi painottuminen uusrakentamiseen
olla em. syistä edellistäkin suurempaa.

Lähivuosien rakennus- ja korjaussuunnitelmat (kohta 3.3) an-
toivat v. 1978 rakennustoimintaan verrattuna kuvan viemäri-
verkostoissa tapahtuvista muutoksista. Korjaustoiminnan
tarve ja osuus voi aineistossa olla jonkin verran suurempi
kuin koko maassa keskimäärin. Uusrakentamisen supistuminen
myös asuntotuotannossa 1980-luvulla (Valtakunnallinen asun-
to-ohjelma 1976) tukee viemäreiden uusrakentamisen supistu-
mista antaen mahdollisuuden korjaustoiminnan kasvuun.

Kun verrataan saatuja tuloksia inventoinnille asetettuihin
tavoitteisiin voidaan johtopäätöksinä todeta:

1. Viemäriverkostoista oli kunnissa käytettävissä melko
yksityiskohtaiset tiedot viemärointitavan mukaan mm.
verkostopituuksista, iästä ja rakennusmateriaalista. Ver-
kostojen kunto on sitä vastoin jouduttu enimmäkseen ar-
vioimaan asiantuntemuksen ja kokemuksen perusteella.

2. Sekaviemäreiden kunnosta aineisto antoi ikäryhmittäin kuvan, joka on yleistettävissä kaikkiin sekaviemäri-verkostoihin, mutta tietyin (em.) varauksin koko maan viemäriverkostoihin. Samoin varauksin käyvät tuloksista ilmi korjattavien ja uusittavien viemäreiden määrä ja osuudet sekä uusimisen syyt ja kiireellisyys.
3. Viemäreiden korjaustoimintaan on syytä lähivuosina kiinnittää nykyistä enemmän huomiota. Varojen suuntaaminen toivottujen tulosten saavuttamiseksi, kuten vesimäärien vähentämiseksi edellyttää eri osatekijöiden (mm. yleiset viemärit/tonttijohdot) vaikutusten selvittämistä. Tulosten luotettavuuden ja vertailukelpoisuuden edellytyksenä on systemaattisten havaintojen (mm. TV-kuvaus) tekeminen. Systemaattisuutta tarvitaan myös vikojen syiden ja laadun sekä korjausmenetelmien määrittämisessä, ts. ne tulisi luokitella mm. korjausohjeiden laatimista varten (vrt. s. 13). Ohjeissa tulisi kiinnittää huomiota sujutuksen ohella myös muihin menetelmiin, jotka näyttävät tämän päivän korjaustoiminnasta lähes unohtuneen.
4. Viemäreiden rakennuskustannuksista, joita on selvitetty kyselyn lisäksi suoritetuilla tiedusteluilla, oli jälkilaskentaa suoritettu vain joka toisessa kunnassa. Tulosten vertailu tuotti vaikeuksia niiden epäyhtenäisyyden vuoksi. Viemäreiden rakennuskustannuksissa oli eri paikkakuntien välillä huomattavia eroja. Rakennuskustannuksista ei ollut suoraan laskettavissa seka- ja erillisviemäriverkon rakennuskustannusten keskimääräisiä eroja. Rakennuskustannusten jälkilasketaan tulisi pyrkiä nykyistä useammassa kunnassa. Tulosten vertailukelpoisuus parani, jos kustannukset kaikkialla kirjattaisiin yhdenmukaisesti esim. Suomen Kaupunkiliiton (1978) litterointiohjeen mukaan.

3.5 SEKAVIEMÄRÖINNIN VAIKUTUKSET VIEMÄRIVEDEN LAATUUN JA MÄÄRÄÄN SEKÄ PUHDISTAMON TOIMINTAAN VUOSIKESKIARVOJEN PERUSTEELLA

3.51 A i n e i s t o

Liitteenä 2 on esitetty 31 viemärilaitosta sisältävä aineisto, jota on käytetty tässä luvussa. Aineisto on saatu karsimalla laajempi aineisto (41 viemärilaitosta) luvussa 2 mainituilla perusteilla.

Sadanta

Keskimääräiset sademäärät ovat vaihdelleet paitsi eri vuosina (1974-1978) myös kunakin vuonna tutkimukseen sisältyvien paikkakuntien välillä (Liite 2: muuttuja x_{17}). Tutkimuspaikkakuntia edustavien sademäärien keskiarvot vuosittain ovat olleet:

1974	840 mm
1975	488 mm
1976	465 mm
1977	701 mm
1978	533 mm

Vuosi 1974 oli erityisen runsassateinen aiheuttaen tulvia Etelä-Suomessa. Maan eri osissa sademäärissä oli samanakin vuonna huomattavia eroja, mm. Oulussa satoi 1974 vain 505 mm. Kuivimpana vuonna 1976 satoi vähiten myös Oulussa (340 mm) ja eniten Lohjan mlk:ssa (512 mm). Suuret sadantavaihtelut havaintojaksolla antavat omalta osaltaan hyvät mahdollisuudet hulevesien vaikutusten tarkasteluun viemärlaitoksissa.

Viemäriverkostot

Karsitun havaintoaineiston (31 viemärointialuetta) sekaviemärimäärä on sama kuin edellisissä luvuissa eli yhteensä 1 765 km. Jätevesiviemäreitä sen sijaan karsinnassa on jäänyt pois aineistosta 242 km ja sadevesiviemäritä 174 km. Sekaviemäreiden osuus aineistossa on täten kasvanut 2 %-yksikköä ja on keskimäärin 33 %. Osuus on vaihdellut eri viemärointialueilla välillä 2-100 %.

Viemäriveredenpuhdistamojen piirissä oli vesihallituksen (1979b) mukaan 60-67 % koko maan väestöstä vuosina 1974-78. Tästä määrästä lähes puolet (45-48 % ko. ajanjaksolla) oli aineistoon sisältyvillä (31) viemärointialueilla.

Vesilaitosten viemärointialueille jakamat keskimääräiset vesimäärät ovat vuosina 1974-78 vähentyneet määrästä 390 l/as d määrään 340 l/as d ja koko maan arvo vastaavasti 330 l/as d:sta 320 l/as d:een (Vesihallitus 1979 b). Vaikka ominaiskulutusluku onkin laskenut havaintojaksolla, on jaettu vesimäärä uusien liittyjien ansiosta pysynyt suunnilleen ennallaan.

Viemärivereden puhdistamot

Pääosa (19 kpl) aineiston puhdistamoista (31 kpl) on rakennettu 1970-luvulla. Kolmasosa (11 kpl) on laajennettu rakentamisen jälkeen. Puhdistamoista suurin osa (23 kpl) on mitoituseltaan $\geq 5\,000\text{ m}^3/\text{d}$, ts. varsin suuria koko maan puhdistamoihin verrattuna. Puhdistusprosessin mukaan laitokset jakaantuvat seuraavasti:

Lukumäärä kpl

Rinnakkaissaostuslaitokset	14
Suorasaostuslaitokset	2
Aktiivilietelaitokset	5
Esisaostuslaitokset	8
Jälkisaostuslaitokset	2

Puhdistamojen kuormitusaste (näytteenottoajankohtien virtaamien keskiarvo/mitoitusvirtaama, Liite 2: muuttuja x_{19}) on vaihdellut vuosina 1974-78 välillä 0,24-2,52.

Ylikuormitettuja (kuormitusaste $> 1,0$) puhdistamoita aineistossa on ollut tarkastelujaksolla 13 kpl.

Teollisuusjätevesien määrä on ollut suhteellisesti suurin Hyvinkäällä (38 % viemärivereden määrästä) ja keskimäärin 12 %, vaikkakaan kaikki kunnat eivät ole osaltaan sitä arvioineet. Teollisuusjätevesien osuutta merkittävämpi on ollut sen laadun vaikutus puhdistamolle tulevan viemärivereden laatuun.

Puhdistamoille tuleva viemäriveresi on keskimäärin ollut v. 1978 (BHK₇ 186 mg O₂/l ja kok.P 7,4 mg P/l) hieman laimeampaa kuin keskimäärin koko maan viemärilaitoksissa (BHK 209 mg O₂/l ja kok.P 8,4 mg P/l). Reduktiot puhdistamoilla ovat vastanneet likimain koko maan keskiarvoja (Vesihallitus 1979 a):

	BHK ₇ red. %	Kok.P red. %
Aineisto keskimäärin (31 kpl)	78	72
Koko maa keskimäärin (559 kpl)	74	71
Rinnakkaissaostuslaitokset:		
Aineisto keskimäärin (14 kpl)	84	82
Koko maa keskimäärin (231 kpl)	84	79

3.52 Sekaviemäröinnin vaikutus viemärivereden määrään ja laatuun

Sekaviemäröinnin vaikutusta virtaamiin on jäljempänä pyritty tarkastelemaan huleveden ja jäteveden osuuksien muutoksina sadannan ja sekaviemäröintiosuuden vaihdellessa. Tarkastelu on suoritettu 16 sellaisen viemäröintialueen perusteella, joista on ollut käytettävissä virtaamahavaintoja kaikilta havaintovuosilta (1974-78).

Viemäriveresimääränä on käytetty tiedustelun vastauksiksi saatuja puhdistamolla mitatun keskivirtaaman, ohijuoksutusten ja verkostoylivuotojen summaa. Jätevesimäärä on laskettu vesilaitoksen viemäröintialueella jakaman vesimäärän perusteella vesilaitoksen ominaiskulutuksen ja ao. vuoden vesi-huoltotilaston mukaisen viemäröintialueen asukasluvun tulona kunakin vuonna. Hulevesimäärä on saatu em. viemäriveresimäärän ja jätevesimäärän erotuksena.

Näin lasketun jätevesimäärän suhde koko viemäriveresimäärään oli vuosina 1974-78 keskimäärin 0,81 ja se vaihteli välillä 0,41-2,1. Kun em. suhde oli $>1,0$ 13 vuosihavainnon osalta (koko havaintojoukko 5 x 16 kpl = 80 kpl) on todettava, että jätevesimäärän arvioinnissa on puutteita ja/tai virheitä, jotka voivat johtua mm. siitä, että

- jätevesimäärä on suurempi kuin em. laskentatapa edellyttää verkostoon johdetun erillisen jätevesimäärän (esim. teollisuus, jolla on oma vedenhankinta) vuoksi tai/ja
- viemäriveresimäärätulokset eivät sisällä kaikkia verkostoylivuotoja tai puhdistamon ohi juoksutettuja vesimääriä.

Edellisen otaksuman tarkistamiseen ei tässä yhteydessä ole ollut mahdollisuutta, koska se olisi vaatinut verkoston käyttäjien inventoinnin viemärointialueilla. Jälkimmäiseen epäilyyn on erityinen syy, koska viemärilaitosten pitäjät eivät havainnoineet (muutamia poikkeuksia lukuunottamatta) verkostoylivuotoja eivätkä puhdistamo-ohijuoksutuksia muualla kuin puhdistamoalueella.

Kun em. virheelliset havainnot on hylätty, on jäljellä olevasta havaintojoukosta tarkasteltu huleveden osuuden riippuvuutta sekaviemäroinnin osuudesta sadannalla ja verkoston kunnolla (arvio vuonna 1979) painotettuna. Viemäriverkostojen yksilöllisten toimintaerojen (hulevesien vastaanottajina) otaksuttiin ilmenevän tarkastelukauden 1974-78 keskiarvoina. Sadannalla painotetun tai sadannalla ja verkoston kunnolla painotetun sekaviemäroinnin osuuden otaksuttiin korostava sekaviemäroinnin vaikutusta viemärivereden määrään.

Sekaviemäreiden osuuden vaikutusta viemäriverkostoon tulevien hulevesien osuuteen ei ollut käytetyllä aineistolla todettavissa (Liite 2: x_{16}/x_{30} ; korrelaatiokerroin 0,173). Se ei käynyt ilmi aineistosta myöskään sademäärillä painotettuna (Liite 2: x_{28}/x_{30} ; korrelaatiokerroin 0,168). Huonokuntoisten viemäreiden huomioonottaminen viemärivereden määrää lisäävänä tekijänä sekaviemäreiden osuuden ja sademäärien ohella ei myöskään parantanut riippuvuutta (Liite 2: x_{29}/x_{30} ; korrelaatiokerroin 0,056) edellisiin verrattuna.

Virtaamavaihtelut puhdistamoilla näytteenoton yhteydessä sisältävät kokonaisvirtaaman vaihtelut niissä rajoissa kuin puhdistamon kuormitusasteen on käytännössä annettu vaihdella, ennen kuin osa kasvaneesta virtaamasta on purkautunut verkostoylivuotoina tai johdettu puhdistamon ohitse. Koska kokonaisvirtaaman sekä (näytteenottoajankohdan virtaaman ja siitä lasketun) kuormitusasteen korrelaatiot eivät osoittaneet keskinäistä riippuvuutta, oli lähinnä käytettävissä oleva viemäriveresimäärän kuvaaja puhdistamon kuormitusaste. Verkostoylivuodot, joita ei ollut havainnoitu, olisivat suurentaneet edelleen todellista kuormitusastetta.

Tulevan jäteveden BHK₇-arvo ja kokonaisfosforipitoisuus (kok. P) korreloivat keskenään erittäin merkittävästi (Liite 2: x_8/x_{12} ; korrelaatiokerroin 0,770).

Sekaviemäroinnin (kuormitusasteen) vaikutusta viemärivereden laatuun (tulevan viemärivereden BHK₇ ja kok.P) ei käytettävissä olevasta aineistosta ole ollut todettavissa (Liite 2: x_8/x_{19} ; ja x_{12}/x_{19} korrelaatiokertoimet -0,108 ja -0,060 kuormitusasteilla 0,24-2,52).

3.53 Ylivuotojen ja ohijuoksutusten merkitys kuormituksessa

Mitoitussateen ylittävä osa viemärilaitoksen kuormituksesta joutuu vastaanottovesistöön verkostoylivuotokohtien ja puhdistamon ohijuoksutusten kautta. Viemäriverkostoon ja puhdistamolle tulevan viemärivereden määrä säädetään ylivuotolaitteilla sellaiseksi, ettei verkosto haitallisesti tulvi tai puhdistusprosessi mene pahoin sekaisin.

Aikaisemmin tehdyissä tutkimuksissa ylivuotojen ja ohijuoksutusten merkitystä on tutkittu seuraavin tuloksin:

Puhdistamoille tuleva vuosivirtaama vaihtelee vuotuisen sademäärän mukaisesti. Hulevesien osuus puhdistamon tulovirtaamassa v. 1977 oli Kyläsaassa 9,0 %, Talissa 3,3 %, Herttoniemessä 5,2 % ja Munkkisaassa 8,5 %, Kokonaisvesimäärästä hulevesien osuus on melko pieni, mutta yksittäisen vuorokauden vesimäärää hulevedet saattavat lisätä jopa 2-3 -kertaiseksi lyhytaikaisenkin rankkasateen aikana. Hulevesien suurin haitta onkin se, että niiden vuoksi puhdistamattomia jätevesiä joutuu suoraan vesistöön puhdistamon tai viemäriverkoston kapasiteetin ylittyessä (Saarinen 1978).

Helsingissä Etu-Töölössä on suoritettu sekaviemäröintijärjestelmän ylivuotojen kuormitustutkimus tiiviisti rakennetulla 23,4 ha:n viemäröintialueella (Heikkonen 1978). Tutkimuksessa on havaittu, että ylivuoto alkaa sateen rankkuuden ylittäessä 5 mm/h (10 min, rankkuus). Ylivuotojen BHK₇-arvo tasaantuu huomattavasti noin 60 minuutin jälkeen sateen alusta. Kokonaisvirtaama vaikuttaa ylivuotoveden laatuun sen mukaan, kuinka suuri on hulevesien osuus kokonaisvirtaamasta. Ylivuotoveden laatua on analysoitu 28 sadetapahtumasta (235 näytettä) ja keskimääräisiksi arvoiksi saatiin:

BHK ₇	98 mg O ₂ /l
SS	392 mg/l
P	1,4 mg P/l
N	6 mg N/l

Ylivuotovesien kokonaiskuormitusta Helsingin kantakaupungin osalta on sen jälkeen tarkasteltu arvioimalla muiden ylivuotokohtien ylivuotovesimääriä ja kuormitusta Etu-Töölöstä saatujen laatu- ja virtaamatietojen perusteella. Kokonaisylivuotovesimääräksi on saatu n. 370 000 m³/a. Puhdistamoiden aiheuttamaan kuormitukseen verrattuna edustaa koko kantakaupungin ylivuotojen kuormitus keskimäärin 2 % kokonaiskuormituksesta vesimäärän suhteen, 15 % BHK₇:n suhteen, n. 5 % fosforin ja typen suhteen, ajanjaksolla heinäkuusta syyskuuhun (Heikkonen 1978).

Niin sanotun "VITMO-projektin" (Helsingin Teknillinen korkeakoulu 1979) kenttämittaustoiminta suoritettiin Helsingin kaupungin keskustan viemäristössä. Viemäröinti on koko alueella sekaviemäröintiä, jonka ikä on yli 30 vuotta. Viemärilaitoksen kuormitusosuudet (sekajärjestelmä) ovat olleet seuraavat:

	Q	SS	BHK ₇ (BOD ₇)	KHK (COD _{Mn})	Kok.P	Kjell N
Laitokselle	7 673 000 m ³	1013 t	1042 t	1535 t	37,4 t	175 t
Ylivuotona	22 000 m ³	14 t	5 t	10 t	0,055t	0,3 t
Yhteensä	7 695 000 m ³	1027 t	1048 t	1545 t	37,5 t	175 t
Ylivuotojen osuus	0,28 %	1,4 %	0,48 %	0,65 %	0,15 %	0,17 %

Vertailu oletetun erillisviemäröinnin kuormituksiin osoitti sekaviemäröinnin em. lika-ainemäärät 4,3-19,4 % suuremmiksi. Tämä johtuu mm. siitä, että sekajärjestelmä ei ole itsehuuhteleva. Nykyisessä sekaviemäröinnissä jää osa kuivan ajan lika-ainekuormituksesta viemärin pohjalle ja lähtee liikkeelle vasta sadeaikana.

Kerättyyn havaintoaineistoon sisältyvien viemärilaitosten verkostoissa (41 kpl) oli yhteensä 169 ylivuotokohtaa, joista 56 %:ssa arvioitiin tapahtuvan ainakin joskus ylivuotoja. Pumpaamoja oli verkostoissa yhteensä 440 kpl. Niiden yhteydessä on myös ohijuoksutusmahdollisuus. Yhteensä 31 viemärlaitokselta kerättyssä havaintoaineistossa oli arvioita ylivuodoista ja ohijuoksutuksista tehty kymmenellä laitoksella. Ylivuotojen ja ohijuoksutusten yhteenlaskettu osuus niillä viemärilaitoksilla, joista havaintoja oli tehty, oli keskimäärin virtaaman osalta 7 %, BHK₇:n osalta 12 % ja kok.P:n osalta 5 % vuotuisista kuormituksista, jos käytetään BHK₇-arvona 50 % ja kok.P arvona 20 % tulevan viemärivereden keskimääräisistä arvoista.

3.54 Kuormitusvaihtelun vaikutus puhdistustulokseen

Aikaisemmissa tutkimuksissa on kuormitusvaihtelun vaikutuksia puhdistustulokseen arvioitu seuraavasti:

Virtaamavaihtelun vaikutuksista puhdistamojen toimintaan on mm. Englannissa Water Research Centre'ssä (WRC) suoritettu tutkimuksia. Raportissaan Boon ja Burgess (1972) totesivat mm., että:

- BHK₇-kuormituksen vuorokausivaihtelut eivät tutkitulla alueella vaikuttaneet merkittävästi lähtevän viemärivereden BHK₇:n vuorokausikeskiarvoon (virtaaman mukaan painotettu) verrattaessa tuloksia sellaisella laitoksella saavutettuihin lähtevän viemärivereden BHK₇-arvoihin, jossa on samansuuruinen, mutta tasainen vuorokausivirtaama
- virtaamavaihteluiden (-60 - +120 %) aiheuttamat muutokset BHK₇-kuormassa ovat vaikuttaneet nopeasti lähtevän viemärivereden laatuun (BHK₇ ja SS), ts. kuormituksen muutosvaiheessa prosessi on reagoinut nopeasti.

Myöskään toisessa WRC:n toimesta tehdyssä, mutta keskeneräisessä tutkimuksessa ei voitu havaita vuorokautisten virtaamavaihteluiden huonontaneen puhdistustulosta (julkaisematon).

Ilmeisenä syynä siihen, etteivät virtaamavaihtelut kummassakaan tutkimuksessa huonontaneet keskimääräisiä puhdistustuloksia on se, että virtaamavaihtelut olivat pieniä. Meillä hulevesistä aiheutuneet virtaamavaihtelut ovat yleensä huomattavasti suurempia.

Boonin ja Burgesin (1972) esittämä tulos, jonka mukaan BHK7-kuormituksen muutokset vaikuttivat nopeasti lähtevän viemäriveden BHK7-arvoon, mutta eivät kuitenkaan vaikuttaneet merkittävästi BHK7-vuorokausikeskiarvoon, on yllättävä. Selityksenä voi olla se, että lähtevän viemäriveden laatu- vaihtelut eivät niinkään johdu BHK7-kuormituksen vaihteluista, vaan hydraulisista kuormitusvaihteluista.

Jäteveden virtaamavaihtelusta ovat George ja Gaudy (1973) laboratoriomittakaavassa synteettisellä jätevedellä suorit- tamissaan tutkimuksissa todenneet, että orgaanisen kuormi- tuksen pysyessä vakiona voi hydraulinen kuorma laskea 50 % tai kasvaa 100 % ilman aktiivilieteprosessin häiriintymistä.

Normaalisti on aktiivilietelaitoksen lietekonsentraatio niin suuri, että puhdistusteho on sama tavanomaisella toiminta- lämpötila-alueella (5-30°C) Kavoniuksen (1975) mukaan. Mää- tään (1974) mukaan puhdistustulos huononee aina kun lämpötila- muutokset ovat jyrkkiä.

Kailan et al. (1976) selvityksen mukaan pienillä kuormitusvaihteluilla ei mitoitusmenetelmien valinnalla ja mitoituksen täsmällisyydellä ole kovinkaan suurta merki- tystä käsittelyn lopputuloksen suhteen. Lisäksi laitos voi- daan mitoittaa suhteellisen tiukasti toimintatehon pahemmin kärsimättä. Suurilla kuormitusvaihteluilla on sen sijaan oleellinen merkitys käsittelylaitoksen toimintatehoon. Suur- ten kuormitusvaihteluiden kyseessä ollen ei saada aikaan oikeaan osuvaa mitoitusta normaalisti käytetyillä mitoitus- menetelmillä. Selvityksessä todettiin lisäksi, että rat- kaiseva merkitys laitoksen kokonaistoimintaan on kuormituk- sen nopeilla muutoksilla kuormitushuipun esiintymisen yh- teydessä. Tähän ovat pääasiallisina syinä biologisen pro- sessin suhteellisen hidas mukautuvuus sekä nopeiden muu- tostien aiheuttama hydraulinen 'shokki' selkeytysaltaassa.

Kanadassa ovat Thirumurthi ja Orlando (1976) todenneet lu- kuisten aktiivilietelaitosten kärsineen huonosta flokin muo- dostuksesta ilmastusaltaissa, mikä on johtunut hyvin laimeis- ta jätevesistä.

Jäteveden laadun vaikutuksesta ovat Saleh ja Gaudy (1978) pilot-plant-kokeissaan havainneet biologisen prosessin kes- tävän 200 %:n muutoksen substraattipitoisuudessa.

Järvisen (1979) tutkimuksessa todettiin, että Viikin puh- distamon toiminta on ollut hyvä myös virtaaman ollessa yli mitoitusvirtaaman.

Vihdin puhdistamolla (jälkisaostuslaitos) virtaaman kasvu on nostanut kiintoainepitoisuutta biologisesti puhdiste- tussa vedessä tilastollisesti erittäin merkittävästi. Jälki- saostuksen jälkeen riippuvuus on ollut sen sijaan pienempi (tilastollisesti merkittävä).

Mäkelän (1979) mukaan hule-, kuivatus- ja vuotovedet huonontavat merkittävästi saavutettavissa olevaa puhdistustulosta useimmissa viemärlaitoksissa. Tapauksessa, jossa viemäriverkko on kohtalaisen tiivis, erillisviemäröintinä rakennettu, ja jossa jätevedet ovat tavanomaisia yhdyskuntajätevesiä siten, että puhdistamolle tulevan viemärivereden keskimääräinen BHK₇-arvo on esimerkiksi 250-300 mgO₂/l ja lämpötila talvella 10-15°C, on asianmukaisella matalakuormitteisella rinnakkaissaostuksella (ilmastusaltaan tilakuorma 0,8-1 kg BHK₇/m³ · d) saavutettavissa vähintään 90 %:n BHK₇- ja fosforireduktio ja kohtalainen ammonium- ja kokonaistypen reduktio.

Viemärlaitoksessa, joka muutoin on edellisen kaltainen, mutta jossa viemärivereden kokonaismäärä on kuivatus- ja vuotovesien laimentamana kaksinkertainen ja puhdistamolle tulevan jäteveden keskimääräinen BHK₇-arvo täten 125-150 mgO₂/l ja lämpötila talvella 5-10 °C, on asianmukaisella matalakuormitteisella rinnakkaissaostuslaitoksella saavutettavissa oleva puhdistusteho ilman mahdollisia ohijuoksutuksiakin BHK₇-arvon ja fosforin osalta noin 5 % heikompi ja vesistön kokonaiskuormitus täten noin 50 % suurempi. Typpi yhdisteiden osalta puhdistustehon lasku on huomattavasti suurempi.

Mikäli viemäriveresi laimenee vielä edellä mainittuakin enemmän, saavutettavissa oleva puhdistustulos alkaa nopeasti heiketä ja tilanteen hallittavuus menetetään tällöin yksistään runsaiden ohijuoksutusten vuoksi.

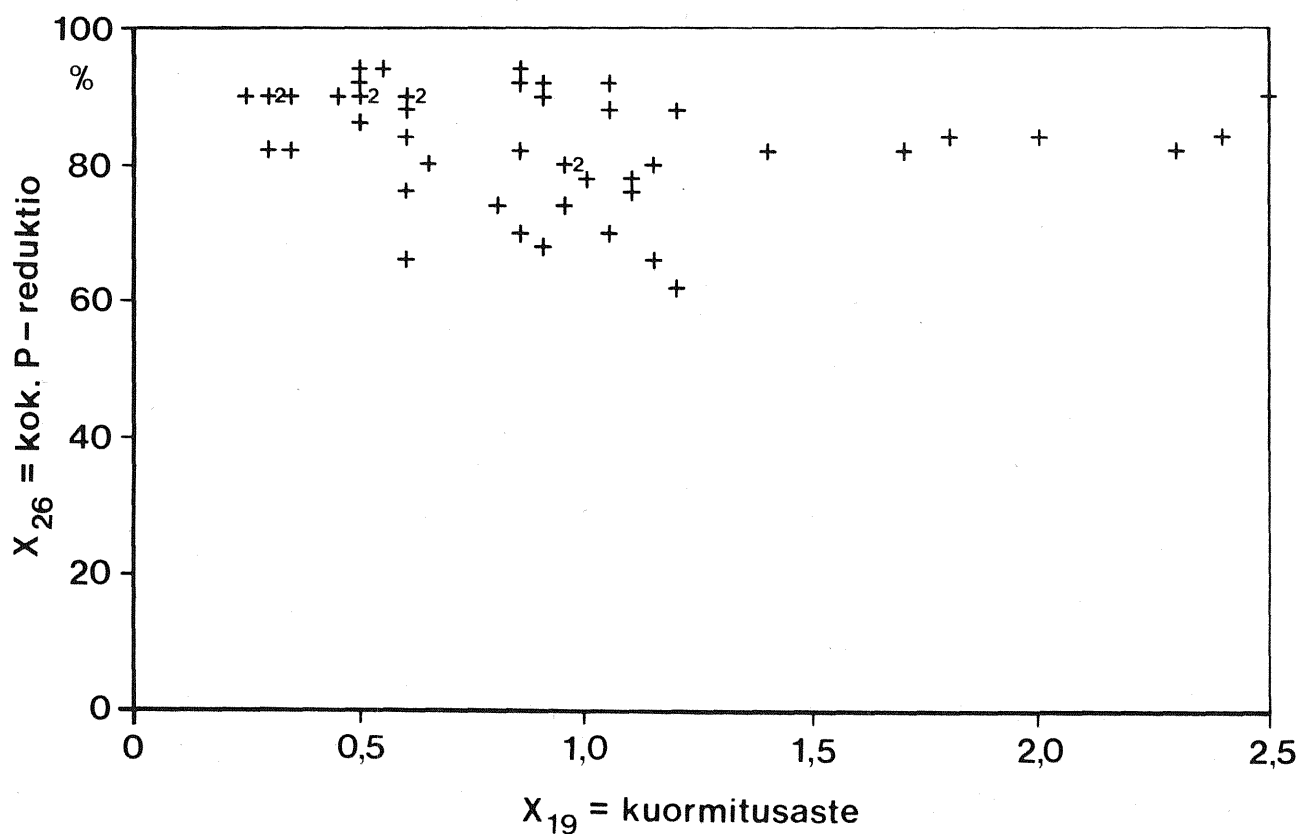
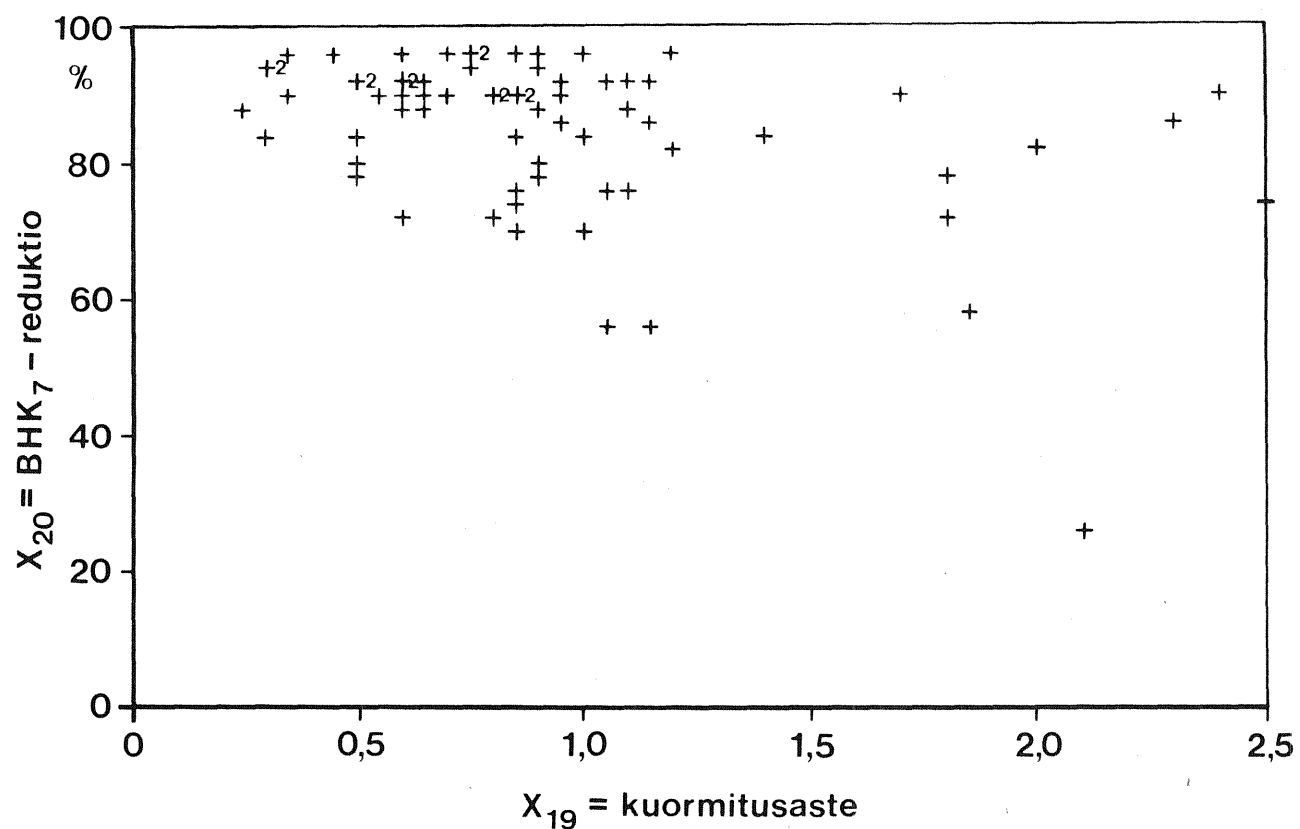
Tapiolinnan (1979) mukaan Suomenojan puhdistamolla sekä BHK₇-että fosforireduktio ovat huonontuneet viemäriveresimäärän lisääntyessä. Rantalán ja Katteluksen (1978) selvityksessä todettiin puhdistamoiden toimivan hyvin hydraulisilla kuormitusasteilla 10-120 %. Kun biologinen kuormitus ylitti mitoituskueormituksen, huonontui puhdistusteho nopeasti.

Kerätyn havaintoaineiston käsittely antoi seuraavat tulokset:

Tulevan viemärivereden laatumuutokset heijastuvat osittain käsitellyn viemärivereden laadussa. Tuleva ja lähtevä BHK₇ korreloivat tilastollisesti merkitsevästi (Liite 2: x₈/x₁₀, korrelaatiokerroin 0,405), tuleva BHK₇ ja tuleva kok.P keskenään korreloivat erittäin merkitsevästi (Liite 2: x₈/x₁₂, korrelaatiokerroin 0,770).

Puhdistustulosta voidaan arvostella BHK₇- ja kok.P-reduktiona ja jäännöspitoisuuksina. Kun jäännöspitoisuudet riippuvat osaksi tulevan viemärivereden pitoisuudesta, on kuormitusvaihtelua verrattu reduktioon. Aineistona fosforireduktion osalta on käytetty rinnakkaissaostuslaitoksista olevia havaintoja (yht. 14 puhdistamoa) ja BHK₇-reduktion osalta lisäksi aktiivilietelaitoksia (yht. 31 puhdistamoa).

BHK₇-reduktio ei korreloinut kuormitusasteen kanssa (Liite 2: x₂₀/x₁₉ korrelaatiokerroin -0,047) aktiiviliete- ja rinnakkaissaostuslaitoksissa; ei myöskään kok.P-reduktio rinnakkaissaostuslaitoksissa (korrelaatiokerroin 0,113) (Kuva 3).



Kuva 3. Puhdistustuloksen (BHK_7 -ja kok.P-reduktiot) (%) riippuvuus puhdistamon kuormitusasteesta vuosikeskiarvojen 1974-78 perusteella aktiiviliete- ja rinnakkaissaostuslaitoksissa (kok.P-reduktio vain rinnakkaissaostuslaitoksissa).

3.55 Aineiston arvostelua ja johtopäätöksiä

Viemäriveredenpuhdistamojen tulovirtaamien määrä- ja laatutiedot sekä käsitellyn jäteveden laatutiedot on saatu pääasias-
sa puhdistamojen velvoitetarkkailun tuloksista vuosikeski-
arvoina viideltä viimeisimmältä tilastoidulta (1974-78) vuo-
delta.

Virtaamien mittaustarkkuus

Virtaamamittauksen virheet ovat eräs yleisimmistä jäteveden-
puhdistamon käyttöä ja hoitoa vaikeuttavista seikoista vesihal-
lituksen (1979a) mukaan. Mittauksessa esiintulleita häiriö-
tekijöitä ovat aiheuttaneet mm. mittapadon ja venturin ylä-
tai alapuolisten kanavaosien lyhyys, josta on ollut seurauk-
sena yläpuolinen kiitovirtaus tai alapuolinen padotus, mit-
talaitteiden poikkeamat normeista ja rakennussuunnitelmista
ja niistä aiheutuneet kalibrointivaikeudet sekä hiekka, ros-
kat ja liete mittausrakenteissa. Virtaamamittareissa oli ha-
vaittu huomattavaa virhettä 27 %:lla laitoksista ja 15 %:lla
laitoksista mittausta ei oltu tarkistettu lainkaan (Nieminen
1980).

Mittapatojen tarkkuudeksi arvioidaan + 10 % jätevedenmittauk-
sessa edellyttäen, ettei kanaalissa ole turbulenssia ja että
pato pidetään puhtaana kiintoaineesta. Venturikanaalien mit-
taustarkkuudeksi arvioidaan käytännössä + 5 % ja niillä on
mittapatoja parempi itsepuhdistuskyky jatkuvassa jätevesimit-
tauksessa (Mattinen ja Meloni 1972).

Käytettyyn aineistoon kuuluvissa puhdistamoissa suoritettiin
tulevan ja/tai lähtevän viemärivereden virtaamamittaus ventu-
reilla, mittapadoilla tai muilla menetelmillä seuraavasti:

Puhdistamon kokoluokka m ³ /d	Puhdistamojen lukumäärä kpl	Mittauspäikkojen lukumäärä kpl					
		Venturi		Mittapato		Muu *	
		tul.	läht.	tul.	läht.	tul.	läht.
≤ 1000	4			3		1	
> 1000- ≤ 10 000	10	4	5	1	3	1	
> 10 000- ≤ 50 000	11	6	7		1	2	2
> 50 000- ≤ 100 000	4	2	2		1	1	
> 100 000	2		1			1	1

* pumppauksen perusteella, tms.

N. puolessa puhdistamoista käytetään venturimitta-
usta, joka lähtevän jätevesivirtaaman mittauksena on tulevaa
luotettavampi. Mittapadoilla, joita on n. neljäsosalla puhdis-
tamoista, ja joissa lähtevän virtaaman mittaus myös on tulevaa
luotettavampi (roskat, hiekka tms.) mitataan enimmäkseen läh-
tevä virtaama. Sekä tulevan että lähtevän virtaaman mittaus
antaa mahdollisuuden mittauksen tarkkuuden kontrollointiin.
Tähän on mahdollisuus n. kolmasosalla puhdistamoista. Neljäs-
osalla puhdistamoista mittaustapa sen sijaan vaihtelee (pump-
pauksen perusteella tms.).

Näytteiden lukumäärä ja analyysit

Viemärivereden laatutiedot vuosikeskiarvoina on laskettu seuraavista havaintomääristä (näytteenottokerroista).

Puhdistamon kokoluokka m ³ /d	Puhdistamojen lukumäärä kpl	Näytteiden lukumäärä, kpl				
		-78	-77	-76	-75	-74
≤ 1000	4	9	9	8	8	8
> 1000 - ≤ 10 000	10	18	13	10	9	8
> 10 000 - ≤ 50 000*	11	18	17	20	17	21
> 50 000 - ≤ 100 000	4	52	52	52	52	52
> 100 000	2	52	52	52	52	52

*Keskiarvoon ei sisälly Helsingin puhdistamojen näytteenottomääriä (52 kpl/vuosi)

Velvoitetarkkailussa edellytetty tarkkailukertojen määrä vaihtelee siten, että se on pienemmillä laitoksilla (asukasvas-tineluku AVL < 1000) 2-4 kertaa vuodessa ja suurimmilla lai-toksilla (AVL > 50 000) 24 kertaa vuodessa. Näytteiden otto perustuu yleensä 24 tunnin kokoomanäytteisiin, jos siihen on käytettävissä automaattiset näytteenottimet. Muutoin tyydytään 8 tunnin kokoomanäytteisiin tietyin edellytyksin, joita ovat mm. täydentävät kertanäytteet ja mittaukset (pH, O₂, jäännöskloori ym.) (vesihallitus 1976). Näytteen-otosta on lisäksi olemassa viranomaisten antamat ohjeet (Vesihallitus 1973).

Kokoomanäytteistä suoritettavat perusmääritykset ovat:

pH
sähkönjohtavuus
BHK₇ (BOD₇)
KHK (COD_{Mn})
kokonaisfosfori
kokonaistyyppi
kiintoaine ja
suolistobakteerimääritys,
joita täydennetään lisämäärityksillä jäteveden käsittelyta-voitteiden mukaisesti.

Näytteiden satunnaisuuden merkitys

Inventoinnin kohteena olleissa kunnissa on yleisimmin käy-tetty näytteenotossa virtaamaan verrannollisia 24 tunnin kokoomanäytteitä. Näytteenoton satunnaisuudesta voidaan todeta, että kunnille on määrätty montako näytettä otetaan tiettyä ajanjaksoa (esim. neljännesvuotta) kohti, mutta näytteenottoajankohdan kunta voi päättää itse. Näytteenotto-tiheyden vaihdellessa viikottain otetusta 2-4 kertaa vuodessa otettuun sen edustavuus riippuu ratkaisevasti siitä, missä määrin

näytteenottoajankohdat (ts. näytteet) vastaavat viemärilaitoksen todellista, vaihtelevaa toimintaa. Näin ollen näytteenottoajankohdan valinnalla tai satunnaisesti otetulla näytteiden lukumäärällä voi olla ratkaiseva merkitys edustavuuden kannalta. Näytteenottoajankohdan vapaa valintamahdollisuus voi johtaa siihen, että näyte otetaan silloin, kun laitos toimii tyydyttävästi tai hyvin, mutta "huonon toiminnan" tilanteita ei aineistoon sisälly, vaikka niitä esim. kuormitusvaihtelun vuoksi käytännössä olisikin eikä eroja viemärivereden laadussa myöskään vuosikeskiarvoina ole todettavissa.

Näytteenottoajankohdan vapaan valinnan vaikutuksen arvioimiseksi verrattiin Askolan kunnan Monninkylän rinnakkaissaoslaitoksen koko havaintoaineistosta (n. 350 kpl vuorokauden kokoomänäytteitä vv. 1973-74) laskettuja vuosikeskiarvoja samasta aineistosta laskettuihin keskiarvoihin, joiden sisältämät havainnot oli valittu koko aineistosta

- erikseen näyte/viikko (BHK₇ ja kok.P), keskeltä viikkoa, jolloin laitos BHK₇:n perusteella arvosteltuna näytti toimineen hyvin ja
- erikseen näyte/kuukausi samalla periaatteella kuin edellä (Taulukko 8).

Taulukko 8. Askolan Monninkylän puhdistamon viemärivereden laadun keskiarvot, hajonnat ja havaintojen lukumäärät vuosina 1973-74.

Havainto- joukko		Tuleva viemäriveresi		Lähtevä viemäriveresi	
		BHK ₇	kok.P	BHK ₇	kok.P
Vuodet 1973-74	\bar{x} (mg/l)	194	6,0	17,2	2,9
"	s (mg/l)	302	3,7	13,8	2,0
"	n (kpl)	328	349	353	356
1 näyte/viikko	\bar{x} (mg/l)	165	5,8	14,0	2,8
"	s (mg/l)	106	2,5	8,7	2,1
"	n (kpl)	76	81	81	81
1 näyte/kuukausi	\bar{x} /mg/l)	162	5,9	15,0	2,7
"	s (mg/l)	147	2,5	11,4	2,1
"	n (kpl)	19	20	20	20

\bar{x} = keski arvo

s = keskihajonta

n = lukumäärä

Taulukon 8 keskiarvoja testattiin t-testillä (Mäkinen 1974). Testin tarkoituksena oli todeta, poikkeavatko verrattavat keskiarvot merkitsevästi perusjoukon (vuosien 1973-74 havainnot) keskiarvosta. Saadut testisuureiden arvot olivat seuraavat:

	Tuleva jätevesi		Lähtevä jätevesi	
	BHK ₇	kok.P	BHK ₇	kok.P
1 näyte/viikko	1.756*	1.02	4.366***	0.589
1 näyte/kuukausi	1.910*	0.511	2.89***	1.801*

* keskiarvot poikkeavat melkein merkitsevästi

** keskiarvot poikkeavat merkitsevästi

*** keskiarvot poikkeavat erittäin merkitsevästi

Tilastollisesti erittäin merkitsevä ero syntyi koko aineiston lähtevän jäteveden BHK₇:n keskiarvon ja molempien otosten (1 näyte/viikko ja 1 näyte/kuukausi) keskiarvojen välillä. Kun samaa asiaa testattiin Vihdin puhdistamon havaintojen (, jotka olivat ajalta 16.3.1976-16.6.1977, n. 100 kpl) avulla käyttämällä 1 näyte/viikko-otosta saatiin sama tulos. Vihdin otoksen ja perusjoukon välillä oli tilastollisesti erittäin merkitsevät erot myös virtaamakeskiarvojen ja tulevan BHK₇-arvojen välillä.

Vuorokausikeskiarvot kuormitusvaihteluiden kuvaajina

Viemärivereden määrä ja laatu saattavat vaihdella huomattavasti lyhyenkin ajan kuluessa viemärointitavasta riippumatta. Syynä voivat olla rankat sateet, pumppaus, sulaminen, veden käytön vaihtelut tai teollisuuspäästöt. Sekaviemäröidyillä alueilla erityisesti hulevedet korostavat vaihteluja.

Koska käytetyt vuosikeskiarvot eivät ilmentäneet riittävästi jäteveden määrän ja laadun vaihteluita eivätkä näiden vaihteluiden vaikutusta puhdistamojen toimintaan, pyrittiin asiaa selvittämään käyttäen eräiden puhdistamojen vuorokausikeskiarvoja sekä kirjallisuudesta saatavia tietoja.

Käsitelty aineisto on kerätty Kyläsaaren, Viikin, Martin ja Hyyppärän puhdistamojen vuosien 1977-78 velvoitetarkkailutuloksista. Puhdistamojen kuormitusaste on ollut tällöin välillä 0,84-1,15. Havaintojen määrä on kullakin laitoksella vaihdellut välillä 40-59 kpl.

Taulukko 9. Tulevan ja käsitellyn viemärivereden määrä ja laatu vuosina 1977 ja 1978 eräillä Helsingin ja Hyvinkään kaupunkien viemäriveredenpuhdistamoilla.

Viemärilaitos	Virtaamu		Tuleva viemäriveresi				Käsitelty viemäriveresi			
			BHK ₇		Kok.P		BHK ₇		Kok.P	
	\bar{x} m ³ /d	s/ \bar{x}	\bar{x} mgO ₂ /l	s/ \bar{x}	\bar{x} mgP/l	s/ \bar{x}	\bar{x} mgO ₂ /l	s/ \bar{x}	\bar{x} mgP/l	s/ \bar{x}
Hyvinkää, Martti	5816	0,17	131	0,39	4,8	0,27	32	0,69	0,9	0,49
Hyvinkää, Hyyppärä	5730	0,26	138	0,30	6,1	0,23	56	0,46	1,7	0,47
Helsinki, Viikki	59360	0,45	139	0,42	6,6	0,32	16	0,56	4,0	0,61
Helsinki, Kyläsaari	100594	0,25	200	0,35	8,2	0,39	18	0,47	4,6	0,27

\bar{x} = otoskeskiarvo

s = otoskeskihajonta

Tulevan viemärivereden BHK₇-arvon ja N- ja P-pitoisuuksien keskinäiset korrelaatiot ovat tarkastelujaksolla olleet kaikilla puhdistamoilla tilastollisesti erittäin merkitseviä (korrelaatiokerroin 0,56-0,84).

Virtaamavaihteluiden vaikutus tulevan viemärivereden laatuun on ollut Viikin, Martin ja Hyyppärän puhdistamoilla huomattava, mutta Kyläsaarella sen sijaan vähäinen. Martin, Hyyppärän ja Viikin puhdistamolla virtaamien ja ravinteiden (P ja N) pitoisuuksien välinen korrelaatio on ollut tilastollisesti erittäin merkitsevä (korrelaatiokertoimet -0,49 - -0,76). Hyyppärässä ja Viikissä on myös orgaanisen aineen (BHK₇) ja virtaaman välinen korrelaatio ollut tilastollisesti erittäin

merkitsevä (korrelaationkerroin $-0,51 - -0,44$), Martissa se on sitä vastoin ollut melkein merkitsevä ($-0,31$). Kyläsaaressa on virtaaman ja ravinteiden välinen korrelaatio ollut tilastollisesti melkein merkitsevä (korrelaatiokerroin alle $-0,31$).

Minkään aineen reduktio ei riippunut mistään pitoisuudesta siten, että tämä riippuvuus olisi käynyt ilmi kaikilla puhdistamoilla. Ainoastaan Kyläsaaressa kukin reduktio on kasvanut tilastollisesti erittäin merkitsevästi vastaavan pitoisuuden kasvaessa (BHK₇-reduktio/BHK₇-arvo, korrelaatiokerroin $0,45$; P-reduktio/P-pitoisuus, korrelaatiokerroin $0,56$ ja N-reduktio/N-pitoisuus, korrelaatiokerroin $0,53$).

Virtaamavaihteluilla ei ollut juuri minkäänlaista vaikutusta reduktioihin. Ainoastaan Hyyppärässä virtaaman kasvu on heikentänyt tilastollisesti merkitsevästi fosforin reduktiota (korrelaatiokerroin $-0,39$).

Kun tutkittiin valikoivalla regressioanalyysillä, millaisiin selityssasteisiin päästiin, kun kutakin reduktiota selitettiin virtaamalla ja kyseisellä pitoisuudella todettiin, että reduktioiden selityssasteet jäivät alhaisiksi. Vain Kyläsaaressa on ollut mahdollista saada malli kullakin reduktiolla.

Virtaamien vähäinen vaikutus reduktioihin voi johtua siitä, että aineisto ei ole peittänyt pahimpia virtaamatilanteita tai kuormitusaste ei ole riittävän suuri.

Johtopäätöksiä

1. Edellä olevan perusteella on todettavissa, ettei se virtaama-aineisto, joka kerätään viemärilaitosten käytön valvonnan yhteydessä (perustuen virnomaisten valvontaohjeisiin), anna kuvaa viemärilaitoksen virtaamavaihteluista siten, että sen perusteella voitaisiin arvostella koko viemärilaitoksen kuormitusvaikutusta. Puutteeksi aineistossa on katsottava se, ettei ylivuodoista ja ohijuoksuksista ole (eräitä poikkeuksia lukuunottamatta) havaintoja. Ylivuotojen ja ohijuoksuksutusten aiheuttaman kuormitusosuuden luotettava selvittäminen edellyttää samanlaisia havaintoja koko viemärilaitoksesta (ylivuodot, ohijuoksuksutukset ja käsitelty viemäriveresi).
2. Sekaviemäriverkon virtaamavaihtelut ja viemärivereden laatu vaihtelut eivät käy ilmi ns. valvontatulosten vuosikeskiarvoista eikä tulosten perusteella ole tehtävissä johtopäätöksiä sekaviemäröinnin vaikutuksista viemärivereden määrään, laatuun tai käsittelylaitoksen puhdistustulokseen.
Vuorokausikeskiarvot eivät myöskään kuvaa riittävästi virtaamavaihtelujen vaikutuksia. Vaihtelujen havainnoinnissa on näin ollen mentävä lyhyempään havaintoväliin.
3. Puhdistamoilla tulisi kiinnittää riittävästi huomiota virtaamamittauksen tarkkuuteen ja näytteenottoajankohtiin, jotta viemäriveresivirtaama ja viemärivereden laatu kuvaisivat viemärilaitoksen todellista toimintaa. Näytteenottoajankohdat tulisi määritellä otukätein.

4. T U T K I M U S S U U N N I T E L M A S E K A V I E M Ä R Ö I N - N I N K U O R M I T U S V A I K U T U S T E N S E L V I T T Ä - M I S E K S I

Kuten edellä on todettu, ei viemärlaitoksista ole käytettävissä sellaisia tietoja, joiden perusteella voitaisiin luotettavasti arvioida viemärlaitosten kokonaiskuormitusta ja verrata keskenään erilaisten viemäröintijärjestelmien paremmuutta tai arvioida edullisinta kuormituksen vähentämismahdollisuutta eri tapauksissa.

Puutteeksi on edellä todettu se, ettei viemärlaitoksissa ole tehty samanaikaisia ja riittäviä havaintoja ylivuodoista ja ohijuoksutuksista sade- ja sulamistapahtumien aikana. Toiseksi on todettu se, ettei hulevesien vaikutuksista viemärivereden puhdistamon toimintaan, reduktion alenemiseen ja palautumisen vaatimaan aikaan ole käytettävissä tutkimustuloksia, vaikka toisaalta tiedetään, että hulevesistä aiheutuvat häiriöt ovat olleet yksi yleisin syy puhdistamojen huonoon toimintaan. Jäljempänä esitetty tutkimusohjelma tähtää em. puutteiden poistamiseen.

Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteet liittyvät osana viemäröintitavan (seka- tai erillisviemäröinti) valintaperusteisiin ja tähtäävät viemärlaitoksen kokonaiskuormituksen edullisimpaan vähentämistapaan. Tavoitteet voidaan jakaa kahteen osaan.

1. Viemärlaitoksen kokonaistarkastelu, jossa pyritään selvittämään sekaviemäriverkkojen ylivuotojen ja ohijuoksutusten määrää ja laatua ja niistä aiheutuvia kuormitusosuuksia viemärlaitoksen kokonaiskuormituksesta.
2. Viemäröintitavan merkitys puhdistamon toimintaan eli miten sekaviemäreihin tulevista hulevesistä aiheutuvat viemäriveresien määrä- ja laatuvahtelut vaikuttavat aktiivilietelaitosten puhdistusprosessiin.

Tutkimustulosten hyödyntäminen edellyttää lisäksi kustananalyysiä puhdistamohäiriöiden taloudellisesta merkityksestä eri viemäröintitapojen ja erilaisten rakennevaihtoehtojen vaikutuksista. Aiheesta on syytä tehdä ensin kirjallisuusselvitys ja sen jälkeen saatujen tulosten sovellutus.

Tutkimuksen suoritus

Tutkimus on tarkoituksenmukaista suorittaa sekä pilot-plant- että täysimittakaavaisina kokeina. Pilot-plant -tutkimuksilla selvitetään lähinnä jäteveden määrän ja laadun vaihteluiden vaikutusta rinnakkaissaasteisen aktiivilietelaitoksen toimintaan. Tämän tyyppinen tutkimus soveltuu parhaiten suoritettavaksi pilot-plant -laitteistolla mm. siksi, että siinä voidaan hallituissa olosuhteissa toistaa kokeet samoilla parametrien arvoilla useita kertoja.

Viemärilaitoksen tarkastelu yhtenä kokonaisuutena, siis viemäriveredenpuhdistamon ja viemäriverkoston toiminnan seuraaminen samanaikaisesti, on suoritettava jossakin olemassa olevassa viemärilaitoksessa. Täysmittakaavaisen puhdistamon mukanaolo tutkimuksessa mahdollistaa myös sen, että pilot-plant -laitteistolla saatuja tuloksia ja johtopäätöksiä voidaan heti testata todellisissa olosuhteissa. Lisäksi täysmittakaavatutkimuksista saadaan aineistoa myöhemmin suoritettavaa kustannusanalyysia varten.

Pilot-plant -tutkimukset

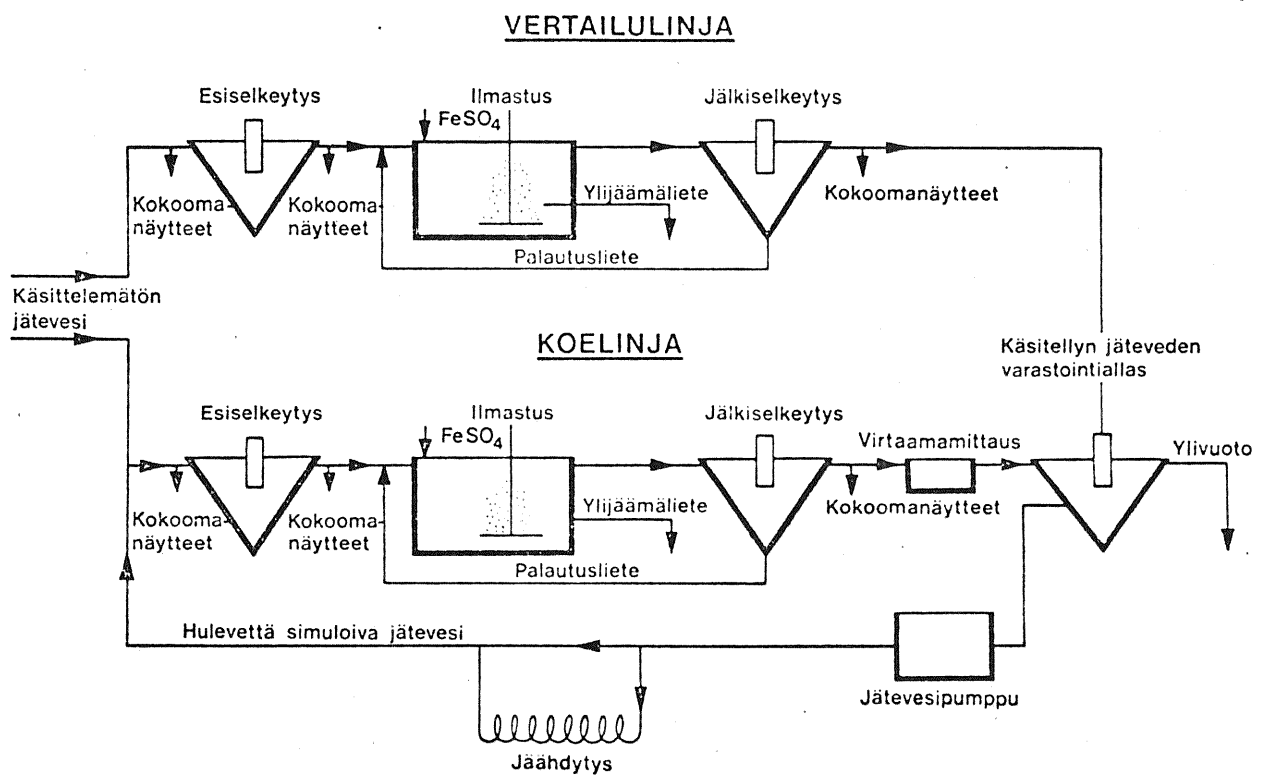
Pilot-plant -tutkimukset on suunniteltu suoritettavaksi Espoon Suomenojan tutkimusasemalla (Kuva 4), jossa on käytävissä kaksi esiselkeytyksellä varustettua biologista pienospuhdistamolinjaa ($Q_{mit} = 2 \times 240 \text{ m}^3/\text{d}$). Tutkimuksessa ovat käytössä molemmat puhdistamolinjat. Toista linjaa käytetään vertailulinjana ja toisella linjalla jäljitellään laimennusvettä käyttäen viemärivereden virtaama- ja laatuvahteluja, jotka aiheutuvat sekaviemäriverkoston tulevista huulevesistä.

Hulevettä jäljittelevänä vetenä käytetään puhdistettua viemäriverettä, jota varastoaltaan kautta pumpataan tutkittavalle linjalle. Pumppauksen ohjaus suoritetaan tutkimusaseman UL 300 mikroprosessorilla, jolloin virtaamaan saadaan halutun ohjelman mukainen vaihtelu, esim. vuorokausivaihtelua vastaava vaihtelu.

Virtaamavaihteluiden osalta tutkitaan lähinnä maksimivirtaaman suuruuden, virtaaman muutosnopeuden ja vaihtelufrekvenssin vaikutuksia ottamalla yksityiskohdissa huomioon aikaisemmissa tutkimuksissa saadut tulokset (ss. 28-30).

Viemärivereden laadun osalta selvitetään pitoisuusvaihteluiden lisäksi lämpötilamuutosten merkitystä prosessin toimintaan. Lämpötilamuutosten aikaansaamiseksi osa vedestä voidaan johtaa hallin ulkopuolelle rakennettavien jäähdyttimien läpi.

Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa pyritään selvittämään puhdistusprosessin häiriöherkkyys, toiminta ja palautuminen erilaisissa kuormitustilanteissa. Tutkimuksen jatkovaiheessa pyritään löytämään ne prosessin säädöt, joilla puhdistamon häiriönsietokykyä voidaan nostaa ja normaalitoiminnan palautumista nopeuttaa.



Kuva 4. Espoon Suomenojan tutkimusaseman pilot-plant-puhdistamon toimintakaavio.

Prosessissa kriittisissä vaiheissa tapahtuvia dynaamisen tilan muutoksia pyritään tarkastelemaan suorittamalla tällöin jäljempänä esitetyn lisäksi erillinen tiennetty ($\frac{1}{2}$ -2 h välein) näyttteenotto.

Prosessien tilaa seurataan myös määrittämällä päivittäin ilmastusaltaan kiintoaine ja laskeuma. Lisäksi järjestetään seuraavat jatkuvat mittaukset: tulevan ja lähtevän viemäri-veden pH, O₂, tulevan viemäri-veden lämpötila, ilmastusaltaan O₂ ja lämpötila, lähtevän viemäri-veden sameus, viemäri-veden virtaama sekä lietteenpalautuksen ja ylijäämälietteen määrä.

Puhdistustoiminnan perusseuranta suoritetaan virtaamaan verrannollisilla 24 h:n kokoomanäytteillä, jotka otetaan tulevasta, esiselkeytetystä ja jälkiselkeytetystä jätevedestä molemmilla linjoilla. Näytteistä tehdään tavanomaiset määritykset (mm. BHK₇, KHK, kok.P, kok.N, NH₄-N, SS ja Fe) ja kul-loinkin tarpeelliseksi katsottavat erityisanalyysit.

Laitosmittakaavaiset tutkimukset

Tutkimuksessa selvitetään sekaviemäriverkostossa tapahtuvien ylivuotojen määrää ja laatua sekä niiden riippuvuutta mm. säästä, maastosta ja verkoston laadusta. Tutkimuksessa pyritään myös saamaan tietoa puhdistamon toiminnan, viemäri-vesimäärän sekä sateiden ja sulamistapahtumien välisistä riippuvuuksista. Lisäksi tutkitaan viemärilaitoksesta vesistöön tulevan kuormituksen sekä paikallista että ajallista jakaumaa eli sitä, miten kokonaiskuormitus jakautuu verkostoylivuotojen, puhdistamo-ohitusten ja käsitellyn jäteveden osalle sekä sitä, kuinka suuri osa kokonaiskuormituksesta joutuu esim. sulamisvesien aiheuttamien puhdistamohäiriöiden aikana vesistöön.

Tutkimukset suoritetaan 1-3 viemärilaitoksessa, joissa järjestetään havaintojen suorittamiseksi ainakin tärkeimpiin ylivuotokohtiin ja ohituspaikkoihin automaattinen virtaamamittaus ja näyttteenotto. Lisäksi alueelle rakennetaan sadehavaintoasemia. Puhdistamon toiminnan jatkuva tarkkailu on myös tehtävä mahdolliseksi.

Tutkimuskohteeksi valittavalle viemärilaitokselle asetetaan seuraavat vaatimukset:

- rinnakkaissaostuslaitos n. 5 000 - 50 000 AVL
- normaalisti puhdistamon toiminta hyvä
- hule- ja vuotovesiä riittävästi (2-3 kertaa normaalivirtaama)
- puhdistamon toiminta häiriintyy hulevesistä
- puhdistamolla ohituksia
- puhdistamon käyttöaste suuri
- etupäässä sekaviemäreitä
- muutama harva ylivuotokohta
- ylivuotokohtiin mahdollista järjestää virtaamamittaus ja näyttteenotto
- ei liian paljon teollisuusvesiä
- viemärilaitoksen omistaja kiinnostunut tutkimuksesta ja tällä mahdollisuus osallistua kustannuksiin
- paikkakunnalla jätevesianalyysijä suorittamaan pystyvä laboratorio.

T I I V I S T E L M Ä

Tutkimus on jatkoa vesihallituksen ja Teknillisen korkeakoulun yhteistyönä suoritetuille esitutkimuksille seka- ja erillisviemäröinnin vertailun perusteista. Tutkimuksen aiheistona on ollut suurimpien sekaviemäröityjen yhdyskuntien viemärilaitoksista v. 1979 koottu aineisto, joka on sisältänyt lähes puolet koko maan sekaviemäreistä.

Tutkimus kohdistuu toisaalta sekaviemäriverkostojen rakentamiseen kuten kuntoon, uusimistarpeeseen ja -kustannuksiin sekä toisaalta sekaviemäriverkostojen vaikutukseen viemärivereden määrään, laatuun ja puhdistamon toimintaan.

Sekaviemäriverkkojen inventointi

Viemäriverkostojen osalta tutkimuksen tuloksena voidaan todeta mm. seuraavaa:

Viemäriverkostot v. 1978

Tiedustelun kohteena olleiden kuntien viemäreistä oli pääosa (n. 70 % viemäripituudesta) rakennettu 1960- ja 1970-luvuilla, ts. ne ovat enintään 20 vuotta vanhoja. Muoviputkien osuus on tänä aikana kasvanut betoniputkien kustannuksella. Yli 40 vuotta vanhoja betoniputkia on käytössä enää suhteellisen vähän (n. 5 %) ja pääosa niistä on sekaviemäreitä. Kaikkein uusimpia ovat sadevesiviemärit (Taulukko 2).

Huonokuntoisimpia viemäreistä olivat vanhat betoniset seka- viemärit ja jätevesiviemärit. Kun betoniviemäreiden ikä ylittää 20 vuotta, kasvaa huonokuntoisten seka- ja jätevesiviemäreiden osuus huomattavaksi (≥ 25 %) (Taulukko 3).

Jos arvioidaan, että "huonoiksi" määritellyt viemärit vaativat korjausta tai uusimista, saadaan korjattavien tai uusittavien betoniputkiviemäreiden määräksi vuoden 1978 lopussa inventointikunnissa n. 800 km eli n. 16 % betoniputkiviemäreiden kokonaismäärästä (n. 4 900 km). Huonokuntoisten betoniputkiviemäreiden määrä kasvaa vuosittain n. 0,4 % (betoniputkiviemäreiden kokonaismäärästä) eli n. 20 km (Kuva 2).

Betoniputkien yleisin saumaustapa nykyisin on kumitiiviste, joka on Suomessa ollut käytössä 1960-luvun alkupuolelta saakka. Sitä edelsi pikisaumaus, jonka yhteydessä käytettiin rivettä (tai sota-aikana lastuvillaa) muhvin pohjalla, ja suuremmissa muhvitomissa putkissa huopaa sauman ympärillä. Vanhemmissa viemäreissä täytettiin saumat myös betonilla, laastilla tai savella rivettä käyttäen tai ilman, jolloin liitoksesta tuli jäykkä. Tiivistämättömiäkin saumoja on vielä verkostoissa, joskin vähän (Taulukko 4).

Viemäriputkien heikot liitokset, liitokset kaivoihin ja vuotavat kaivojen pohjat ovat selvästi pääasiallisin viemäreiden vuotojen syy. Eniten vuotojen syitä on ilmoitettu 1960-luvulla (11-20 v. vanhoissa) rakennetuissa viemäreissä (Taulukko 5).

Rakennus- ja korjaustoiminta v. 1978

Vuonna 1978 rakennettiin inventointikunnissa uutta viemäriä yhteensä 258 km. Tästä n. puolet oli betoniviemäriä, n. puolet muoviviemäriä ja vain 1 % muita putkimateriaaleja. Uusia sekaviemäreitä kokonaismäärästä oli vain 3,4 %. Suurin osa (96,6 %) oli erillisviiemäreitä. Muita viemäreitä, jotka olivat enimmäkseen asbestisementtiputkia, on rakennettu varsin vähän. Koko maassa v. 1978 rakennetusta uudesta viemäristä neljännes oli betoniviemäriä ja kolme neljänneistä muoviviemäriä. Muovin osuus koko maassa on täten ollut selvästi suurempi kuin inventointikunnissa.

Uutta viemäriä rakennettiin 87 % uusien viemärien pituudesta ja vanhaa uusittiin, muutettiin tai korjattiin yhteensä vain 13 %. Korjaustoiminnan osuus oli siis suhteellisen vähäistä uuden viemäriin rakentamiseen verrattuna inventointikunnissa v. 1978.

Viemäreiden keskimääräiset rakennuskustannukset olivat v:n 1978 rakennustöissä erillisviiemäreiden (jäte- tai sadevesiviiemärit) osalta 370-460 mk/m ja sekaviiemäreiden osalta 680-800 mk/m putkimateriaalista (muovi, betoni), putkiläpimitasta ja rakennusolosuhteista riippuen. Alimpien ja ylimpien rakennuskustannusten ero eri paikkakuntien välillä saattoi olla 2-4 kertainen (Taulukko 6).

Lähi vuosien rakennus- ja korjaussuunnitelmat

Viiemäreiden keskimääräinen rakennus- ja korjaustoiminta näyttäisi vähenevän melkoisesti lähivuosina (296 km/a 1978; 136 km/a 1979-84). Uusien viemäreiden rakennussuunnitelmat muodostavat edelleenkin valtaosan (74 %) viemäri-investoinneista, joskin vanhojen viemäreiden korjaus- ja uusimistöiden osuus on jo selvästi kasvamassa.

Jos tavoitteeksi asetetaan kaikkien huonojen betoniviiemäreiden (n. 800 km v. 1980 + n. 20 km/a) kunnostaminen alkavalla vuosikymmenellä, tulisi korjaustoiminnan inventointikunnissa 1980-luvulla olla kolminkertainen (n. 100 km/a) suunniteltoon korjattavien viemäreiden määrään (35 km/a) verrattuna.

Vuosien 1979-84 rakennus- ja korjaussuunnitelmien johdosta muuttuvat seka- ja erillisviiemäreiden suhteet vuosittain inventointikunnissa keskimäärin 0,7 % (viiemäreiden kokonaispituudesta) erillisviiemäreiden hyväksi sekaviiemäreiden kustannuksella. Vuonna 1984 on sekaviiemäreiden osuus enää 27 % ja erillisviiemäreiden 73 % viemäreiden kokonaispituudesta.

Johtopäätökset

1. Viemäriverkkojen osalta oli kunnissa käytettävissä melko yksityiskohtaiset tiedot viemärointitavan mukaan mm. verkostopituuksista, iästä ja rakennusmateriaalista. Verkostojen kunto on sitä vastoin jouduttu enimmäkseen arvioimaan asiantuntemuksen ja kokemuksen perusteella.

2. Sekaviemäreiden kunnosta aineisto antoi ikäryhmittäin kuvan, joka on yleistettävissä kaikkiin sekaviemäriverkostoihin, mutta tietyin varauksin koko maan viemäriverkostoihin. Samoin varauksin käyvät tuloksista ilmi korjattavien ja uusittavien viemäreiden määrä ja osuudet sekä uusimisen syyt, kiireellisyys ja suunniteltu toteuttamisaikataulu.
3. Viemäreiden korjaustoimintaan on syytä lähivuosina kiinnittää nykyistä enemmän huomiota. Varojen suuntaaminen toivottujen tulosten saavuttamiseksi, kuten vesimäärien vähentämiseksi, edellyttää eri osatekijöiden (mm. yleiset viemärit/tonttijohdot) vaikutusten selvittämistä. Tulosten luotettavuuden ja vertailukelpoisuuden edellytyksenä on systemaattisten havaintojen (mm. TV-kuvaus) tekeminen. Systemaattisuutta tarvitaan myös vikojen syiden ja laadun sekä korjausmenetelmien määrittämisessä, ts. ne tulisi luokitella mm. korjausohjeiden laatimista varten (vrt. s. 13). Ohjeissa tulisi kiinnittää huomiota sujutuksen ohella myös muihin menetelmiin, jotka näytävät tämän päivän korjaustoiminnasta lähes unohtuneen.
4. Viemäreiden rakennuskustannuksista, joita on selvitetty kyselyn lisäksi suoritetuilla tiedusteluilla oli jälkilaskentaa suoritettu vain joka toisessa kunnassa. Tulosten vertailu tuotti vaikeuksia niiden epäyhtenäisyyden vuoksi. Viemäreiden rakennuskustannusten jälkilaskentaan tulisi pyrkiä nykyistä useammassa kunnassa. Tulosten vertailukelpoisuus paranisi, jos kustannukset kaikkialla kirjattaisiin yhdenmukaisesti esim. Suomen Kapunkiliiton (1978) litterointiohjeen mukaan.

Sekaviemäröinnin kuormitusvaihtelu vuosikeskiarvojen perusteella

Sekaviemäröinnin vaikutuksia viemärivereden määrään, laatuun ja puhdistamon toimintaan pyrittiin (31 puhdistamolla) selvittämään vesioikeuden lupien perusteella tuotetun aineiston (valvontatulokset vuosilta 1974-78) vuosikeskiarvojen perusteella.

Johtopäätökset

1. Puutteeksi aineistossa on katsottava se, ettei ylivuodoista ja ohijuoksutuksista ole (eräitä poikkeuksia lukuunottamatta) havaintoja. Ylivuotojen ja ohijuoksutusten aiheuttaman kuormitusosuuden luotettava selvittäminen edellyttää samanaikaisia havaintoja koko viemärilaitoksesta (ylivuodot, ohijuoksutukset ja käsitelty viemäriveresi).
2. Sekaviemäriverkon virtaamavaihtelut ja viemärivereden laatu vaihtelut eivät käy ilmi ns. valvontatulosten vuosikeskiarvoista eikä tulosten perusteella ole tehtävissä johtopäätöksiä sekaviemäröinnin vaikutuksista viemärivereden määrään, laatuun tai käsittelylaitoksen puhdistustulokseen.

Vuorokausikeskiarvot eivät myöskään kuvaa riittävästi virtaamavaihtelujen vaikutuksia. Vaihtelujen havainnoinnissa on vaikutuksia selvitetessä näin ollen mentävä lyhyempään havaintoväliin.

3. Puhdistamoilla tulisi kiinnittää riittävästi huomiota virtaamamittauksen tarkkuuteen ja näytteenottoajankohtiin, jotta viemärivesivirtaama ja viemärivereden laatu kuvaisivat viemärilaitoksen todellista toimintaa. Näytteenottoajankohdat tulisi määritellä etukäteen.

Tutkimussuunnitelma sekaviemäröinnin kuormitusvaikutusten selvittämiseksi

Jatkotutkimusta varten laaditun tutkimussuunnitelman tavoite on jaettu kahteen osaan:

1. Viemärilaitoksen kokonaistarkastelu, jossa pyritään selvittämään sekaviemäriverkostojen ylivuotojen ja ohijuoksu-
tusten määrää ja laatua ja niistä aiheutuvan kuormituksen osuutta viemärilaitoksen kokonaiskuormituksesta.
2. Viemäröintitavan merkitys puhdistamon toimintaan eli miten sekaviemäreihin tulevista hulevesistä aiheutuvat viemäri-
vesien määrä- ja laatuvariaatiot vaikuttavat aktiivilietelaitosten puhdistusprosessiin.

Viemärilaitoksen kokonaistarkastelu suoritetaan täysmittakaavaisena tarkoitukseen sopivilla viemärilaitoksilla yhdistämällä siihen tutkimus sekaviemäröinnin vaikutuksista aktiivilietelaitoksen toimintaan, josta lisäksi suoritetaan pilot-plant-mittakaavaisia kokeita Espoon Suomenojan tutkimusasemalla (Kuva 4).

P Ä Ä T Ö S M A I N I N N A T

Tämän tutkimustyön suorittamisen edellytyksenä on ollut käytetyn aineiston saanti. Sen ovat keränneet ja luovuttaneet kyselyn kohteena olleet kaupungit ja kunta, joiden asianomaisten henkilöiden apu on ollut erityisen kiitoksen ansaitseva.

Tutkimustyön edellytyksenä on lisäksi ollut Maj ja Tor Nesslingin Säätiön myöntämä tutkimusapuraha. Sen turvin sekä vesihallituksen myöntämällä virkavapaudella allekirjoittaneella on ollut mahdollista riittävästi irrottautua muusta työstä.

Professori Eero Kajosaari on ohjannut työn suoritusta. Huomionarvoisia neuvoja sen viimeistelyssä ovat lisäksi antaneet tekniikan lisensiaatit Matti Melanen ja Veikko Palo.

Professori Seppo Mustonen on esimiehenäni kannustanut tutkimustyön suorittamista. Diplomi-insinöörit Jouko Saarela ja Sakari Välimaa ovat avustaneet allekirjoittanutta työn suunnittelussa, aineiston keruussa ja käsittelyssä, johon lisäksi ovat osallistuneet useat vesihallituksen teknillisen tutkimustoimiston henkilöt, erityisesti Pirkko-Leena Lempinen.

Konekirjoitustyön on suorittanut toimistosihteeri Leena Tarkiainen.

Kaikille edellämainituille lausun täten parhaat kiitokset.

Helsingissä, kesäkuussa 1980

Hannu Laikari

K I R J A L L I S U U S L U E T T E L O

- Boon, A.G., Burgess, D.R. 1972. Effects of Diurnal Variations in flow of Settled Sewage on the Performance on High-rate Activated Sludge Plants. Journal of The Institute of Water Pollution Control, No 5.
- George, T., Gaudy, A. 1973. Response of completely mixed systems to hydraulic shock loads, ASCE Journal of the Environmental Eng. Div., 99(1973)5.
- Heikkonen, M. 1978. Sekaviemäröintijärjestelmän ylivuotojen aiheuttama kuormitus Helsingin kantakaupungissa. Helsingin Teknillinen korkeakoulu. Diplomityö.
- Helsingin Teknillinen korkeakoulu, 1979. Viemärilaitosten tarkasteluun, mitoittamiseen ja ohjaukseen soveltuvien mallien kehittämisprojekti (VITMO). Loppuraportti. Systemiteorian laboratorio. Raportti C 38.
- Huttunen, K. 1977. Viemärien vuotokohdat ja niiden merkitys vuodon määrään. Yhdyskuntien vesi- ja ympäristöprojekti. Tutkimus 31. Helsinki 1977.
- Innamaa, M. 1973. Viemäriputkiasennukset ja tiiviystarkkailu. Vesihuoltoliiton koulutuspäivät.
- Järvinen, A. 1979. Viemärivereden määrän ja laadun vaihteluiden vaikutuksista käsittelylaitoksen toimivuuteen. Helsingin Teknillinen korkeakoulu. Diplomityö.
- Kaila, J., Ranta, J. & Rummukainen, R. 1976. Viemärivereden käsittelylaitoksen suunnittelu ja toiminnan ohjaus. Rakennustekniikka 32(1976)5, s. 403-410.
- Kavonius, A. 1975. Jäteveden ominaisuuksien vaikutus aktiivilietemenetelmään, INSKO 33-75, XII. Esitelmä.
- Laikari, H. 1976. Viemärien vuotovedet. Helsingin Teknillinen korkeakoulu. Licensiaattiseminaariesitelmä 13.12.1976.
- Laikari, H. 1979. Matkakertomus Water Research Centreen (WRC) 12.11.-7.12.1979 tehdystä opintomatkasta.
- Laukkanen, R. 1978. Esitutkimus viemäröintijärjestelmien vertailun perusteista. Vesihallitus. Tiedotus 160.
- Mattinen, H., Meloni, E. 1972. Jäteveden määrän mittausta ja näytteenottomenetelmistä. Oy Keskuslaboratorio - Centrallaboratorium Ab. Seloste 109 Ympäristönsuojelu 24.
- Melanen, M. 1980. Taajamien hule- ja sulamisvedet I: Laadun tarkastelu. Vesihallitus. Tiedotus (käsikirjoitus).
- Mäkelä, M. 1979. Viemärivereden määrän ja laadun vaikutus puhdistustulokseen. INSKO 48-79, I.

- Mäkinen, Y. 1974. Tilastotiedettä biologeille. Synapsi r.y:n kurssimoniste.
- Määttä, R. 1974. Asuma- ja teollisuusjätevesien yhteispuhdistus, INSKO 37-74, XIV. Esitelmä.
- Nieminen, M. 1980. Yhdyskuntien jätevesipuhdistamoiden huonoon toimintaan vaikuttavista tekijöistä. Helsingin Teknillinen korkeakoulu. Diplomityö.
- Rantala, P. & Kattelus, L. 1978. Jäteveden puhdistuksen kustannukset ja puhdistustehot. Vesitalous 19(1978)5, s. 11-16.
- Saarinen, R. 1978. Helsingin jätevedenpuhdistamojen kapasiteetin riittävyys vuoteen 2000 mennessä. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Diplomityö.
- Saleh, M.M., Gaudy, A.F. 1978. Shock load response of activated sludge with constant recycle sludge concentration, Journal WPCF 50(1978)4, s. 764-774.
- Strickland, L. 1978. Sewer Renovation. Water Research Centre. Technical Report TR 87.
- Suomen Betoniteollisuuden Keskusjärjestö 1979. Betoniputkikäsikirja.
- Suomen Kaupunkiliiton, Suomen Kunnallisliiton, Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen kunnallistekniikan tutkimusta selvittävä työryhmä 1977. Kunnallistekniikan alan tutkimuspoliittinen ohjelma. Loppuraportti 14.12.1977.
- Suomen Kaupunkiliitto 1978. Kunnallisteknisten töiden litteramalli. Kaupunkiliiton julkaisu B 70.
- Suomen Kaupunkiliitto 1979. Viemäröintitavan valinta ja viemäröintien parantaminen. Kaupunkiliiton julkaisu B 75.
- Tapiolinna, K. 1979. Viemäriveden määrän vaihteluiden selittäjistä Suomenojan puhdistamon viemäröintialueella. Helsingin Teknillinen korkeakoulu. Diplomityö.
- Thirumurthi, D., Orlando, J.R. 1976. Biochemical and physical-chemical treatment of weak municipal wastewater. Journal WPCF 48(1976)12, s. 2708-2722.
- Tiainen, V-M. 1977. Yhdyskuntien vesihuollon tutkimukset. Yhdyskuntien vesi- ja ympäristöprojektin loppuraportti, osa II. Suomen itsenäisyyden juhluvuoden 1967 rahasto. Sarja B. N:o 35.
- Tjäder, T., Johansson, L. 1972. TV-undersökning av avloppsledningar. Stadsbyggnad 12:1972.

Valtakunnallinen asunto-ohjelma vuosille 1976-1985, 1978.
Komiteanmietintö 1978:36, Yhteenvedo.

Vesihallitus 1973. Vesiviranomaisten käyttämät näytteenotto-
menetelmät. Vesihallituksen julkaisuja n:o 6.

Vesihallitus 1976. Jätevesikuormituksen ja sen vaikutusten
velvoitetarkkailu. Vesihallituksen julkaisuja n:o 17.

Vesihallitus 1979a. Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoiden toi-
mivuusselvityksen loppuraportti. Vesihallituksen jul-
kaisuja n:o 17.

Vesihallitus 1979b. Vesihuoltolaitokset 31.12.1978. Tiedotus
180.

LIITE 1. VIEMÄRIVERKOSTON INVENTOINTIKYSELY

1. YLEISTIEDOT/31.12.1978

Kunta Oulu Asukasluku 93 800
 Asukkaita viemäriin liitettyissä kiinteistöissä 90 500 Liittymis-% 96
 Viemäriverkoston koko pituus 373140 m, josta sekaviemäreiden pituus 66180 m,
 jätevesiviemäreiden pituus 222520 m ja sadevesiviemäreiden pituus 84440 m.
 Puhdistamolle v. 1978 johdettu vesimäärä keskimäärin 47096 m³/vrk.
 Teollisuusjätevesien osuus keskimäärin v. 1978 4300 m³/vrk.

2. VIEMÄRIVERKOSTO, josta jätevedet tulevat Oulun kaupungin puhdistamolle. (tilanne 31.12.1978)

2.1 Sekaviemärit¹⁾²⁾

Putkityyppi	Ikä	Kok. pituus	Yleisin putki-pituus	Yleisin saumaus-tapa	Kunto (osuus kok. pituudesta)	hyvä	tyydyttävä	huono	Vuotojen syyt (esim.sauma-, katkeama tai syöpymävuotoja)
		(m)	(m)		(%)	(%)		(%)	
Betoni	0- 5 v	245	2	kumi	98	2			
	6-10 v	5160	2	kumi	95	5			
	11-20 v	16815	1	bit.huop	40	50	10		saumavuotoja
	21-40 v	27870	1	"	5	65	30		sauma-,katkea-
	yli 40 v	11410	1	"	0	30	70		ma ja syöpymävuotoja
Muovi	0- 5 v	500	4 (PVC)	kumi	100				
	6-10 v	3530	12 (PEH)	hitsaus	100				
	11-20 v	0							
	yli 20 v	0							
Muita, mitä	0- 5 v	0							
	6-10 v	650		puuputki (purku)					
	11-20 v	0							
	yli 20 v	0							

1) Erillisviemäri merkitään (tässä kohdassa) sekaviemäriksi aina kun jäteveden sekaan johdetaan sade- tai sulamisvesiä. Esim. silloin kun sade- ja sulamisvesiä tulee erillisviemäroidylle alueelle verkon ylemmistä sekaviemäroidyistä osista.

2) Täyttöohje: Kun tiedetään, että esim. jotain putkea ei ole, käytetään merkintää 0 m, jos asiaa ei tiedetä käytetään merkintää -.

Putkiläpimitan jakautuma % ko. verkoston kokonaispituudesta

	≤ 300 mm	> 300 mm ≤ 600 mm	> 600 mm
%:ia verkoston kokonaispituudesta	41	33	26

2.2 Erillisjärjestelmän jätevesiviemärit

Putkityyppi	Ikä	Kok. pituus (m)	Yleisin putki- pituus (m)	Yleisin sauma- tapa	Kunto (osuus kok. pituudesta) hyvä tyydyttävä huono (%) (%) (%)			Vuotojen syyt (esim. sauma-, katkeama- tai syöpymävuotoja)
Betoni	0- 5	v 12835	2	kumi	98	2		
	6-10	v 46568	2	kumi	92	8		
	11-20	v 70923	1	kumi	55	35	10	saumavuotoja
	21-40	v 45940	1	bit.huop	7	68	25	syöpymä+sauma vuotoja
	yli 40 v	0						
Muovi	0- 5	v 40250	6 PVC	kumi	99	1		
	6-10	v 3240	12 PEH	hitsaus	80	20		suuntapoikkeamia
	11-20	v 0						
	21-40	v 0						
	yli 40 v	0						
Muita, mitä	0- 5	v 15	4 VR.	kumi	100			
	6-10	v 2156	6 VR.	kumi	80	20		
	11-20	v 627	6 VR.	lyijy	45	50	5	syöpymiä
	21-40	v 0						
	yli 40 v	0						

Putkiläpimitan jakautuma % ko. verkoston kokonaispituudesta

	≤ 300 mm	> 300 mm ≤ 600 mm	> 600 mm
%:ia verkoston kokonaispituudesta	77	17	6

2.3 Erillisjärjestelmän sadevesiviemärit

Putkityyppi	Ikä	Kok. pituus (m)	Yleisin putki- pituus (m)	Yleisin sauma- tapa	Kunto (osuus kok. pituudesta) hyvä tyydyttävä huono (%) (%) (%)			Vuotojen syyt (esim. sauma-, katkeama- tai syöpymävuotoja)
Betoni	0- 5	v 27172	2	kumi	100			
	6-10	v 30774	2	kumi	96	4		
	11-20	v 25560	1	-	50	50		
	21-40	v 0						
	yli 40 v	0						

Putkityyppi	Ikä	Kok. pituus (m)	Yleisin putki- pituus (m)	Yleisin saumaus- tapa	Kunto (osuus hyvä (%))	Kunto kok. pituudesta) tyydyttävä (%)	Kunto huono (%)	Vuotojen syyt (esim. sauma-, katkeama- tai syöpymävuotoja)
Muovi	0- 5 v	491	6	kumit.	100			
	6-10 v	127	6	kumit.	90	10		
	11-20 v	0						
	21-40 v	0						
	yli 40 v	0						
Muita, mitä	0- 5 v	294	4 VR	kumi	100			
	6-10 v	18	4 VR	kumi	95	5		
	11-20 v	0						
	21-40 v	0						
	yli 40 v	0						

Putkiläpimitan jakautuma % ko. verkoston kokonaispituudesta

	≤ 300 mm	> 300 mm ≤ 600 mm	> 600 mm
%:ia verkoston kokonaispituudesta	57	34	9

3. MUITA TIETOJA VIEMÄRILAITOKSESTA

3.1 Oulun kaupungin _____ viemäriveredenpuhdistamo

Puhdistusprosessi _____ kemiallinen selkeytys _____

Rak. vuosi tai viimeinen laajennusvuosi 1972 - 73 _____

Mitoitusvirtaama _____ 60 000 _____ m³/vrk

	1978	1977	1976	1975	1974
Q _{max} (vuoden aikana) (m ³ /d)	62570	86330	87912	79992	82368
Q _{keskim} - " - (m ³ /d)	47095	50555	51457	54760	55186
Q _{min} - " - (m ³ /d)	27720	26928	29300	28510	26136
Q _{kesk.} (näyt.otto päivien aikana) (m ³ /d)	48100	50346	51200	53320	53740
Q _{keskihajonta} - " -	4604	4665	4720	4800	4960
Tuleva BHK ₇ kesk. (mg/l)	117	92	94	91	24
Tuleva BHK ₇ keskihajonta ¹⁾ "	17	16	14	9	25
Lähtevä BHK ₇ kesk. "	54	41	43	43	38
Lähtevä BHK ₇ keskihajonta ¹⁾ "	9	11	9	7	10
Tuleva kok. P kesk. "	6,8	5,9	6,5	7,3	8,6
Tuleva kok. P keskihajonta ¹⁾ "	7,3	1,0	1,1	0,8	4,7
Lähtevä kok. P kesk. "	1,5	1,3	1,4	1,2	1,5
Lähtevä kok. P keskihajonta "	0,3	0,2	0,4	0,3	0,4
Käsittelylaitoksen ohijuoksutukset (vuorokautena/vuodessa)	4	12	5	2	-
Käsittelylaitoksen ohijuoksutukset (m ³ /vuodessa)	15100	23450	18000	5000	-
Ylivuodot verkossa (vuorokautena/vuodessa) (pumppaamon huolto)	2	3	2	9	14
Ylivuodot verkossa (m ³ /vuodessa)	38000	48000	39000	125000	210000
Puhdistamokohtaisen viemäriverkoston pituus (m)	288060	277844	267735	257147	248615
Sekaviemäröidyn verkon osuus edellisestä (%)	23	26	30	31	32
Teollisuusjätevesien osuus (%)	9	8	8	8	7
Vuotuinen sademäärä		449	340	353	505

1) Keskihajonnan (S) laskukaava =
$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$
, laskuesimerkki liitteessä

Milloin virtaamamittari viimeksi tarkistettu _____ Toukokuussa, 1979 _____

3.2 Muut tiedot verkostosta

Pumppaamoiden lukumäärä 33 kpl jv. (yht. 61) muiden kuin pumppaamojen ja puhdistamojen yhteydessä olevien ylivuotokohtien lukumäärä 3 ja paineviemäreiden pituus 3960 m. Monessako ylivuotokaivossa tapahtuu ainakin joskus ylivuotoja 1.

3.2 Onko sakokaivojärjestelmä poistettu verkon alueelta (kyllä) ja jos on niin milloin Vuoden 1974 jälkeen kiinteistöiltä ei ole vaadittu saostuskaivoja.
Vanhojen sakokaivojen ohittaminen ja purkaminen sallittiin v. 1975.

3.2 Viemäriverkoston vaikutukset puhdistamon toimintaan Puhdistettavasta vesimäärästä n. 3-4% on sekaviemäröidyn alueen sadevesiä ja 25-30% verkoston vuotovesiä. Sekaviemäröinnin väheneminen ja verkoston saneeraus vähentänyt puhdistettavaa vesimäärää n. 15% viidessä vuodessa (vrt. s. 4).

4.

VUONNA 1978 RAKENNETUT TÄYSIN UUDET VIEMÄRIT(myös alueen uudelleen rakentamisen yhteydessä täysin uudelleen rakennettu viemäriverkosto. Tässä kohden jaotittelu seka- ja erillisviemäröintiin sen mukaan kummaksi viemäri on tarkoitettu. Esim. erillisviemäröinnin jätevesiviemäriksi tarkoitettu viemäri merkitään kohtaan erillisviemärit vaikka viemäriin toistaiseksi tulisikin sadevesiä.)

Putkityyppi	Sekaviemärit		Erillisjärjestelmän jätevesiviemärit 1)		Erillisjärjestelmän sadevesiviemärit	
	Pituus (m)	Kustannukset asennettuna (mk)	Pituus (m)	Kustannukset asennettuna (mk)	Pituus (m)	Kustannukset asennettuna (mk)
Betoni	0		1740	672 000	4002	935 200
Muovi	0		10610	1 802 100	332	87 700
Muu (mikä)	0				(1350 m vanhaa bet. jätevesiviemäriä)	

- 1) Jos jätevesiviemäriin tulee toistaiseksi sadevesiä, otetaanko se huomioon mitoituksessa ja miten?

5. VUONNA 1978 ENTISTÄ KÄYTTÖTARKOITUSTA VARTEN UUSITUT VIEMÄRIT

5. Sekaviemärit

Putkityyppi, joka uusit- tiin	Pituus (m)	Uusimis- syy x)	Kustannukset asennettuna (mk)	Uusi putki- tyyppi
Betoni	0			
Muovi	0			
Muu (mikä)	0			
V. 1978 sekaviemäreiden korjauksista selvitettiin sujutus- menetelmällä				

5.2 Erillisjärjestelmän viemärit

Jätevesiviemärit					Sadevesiviemärit			
Putki- tyyppi, joka	Pituus (m)	Uusimis- syy ^{x)}	Kustan- nukset asennet- tuna (mk)	Uusi putki- tyyppi	Pituus (m)	Uusimis- syy ^{x)}	Kustan- nukset asennet- tuna (mk)	Uusi putki- tyyppi
Betoni	1722 m	3	488500 125600	1094 B/k 628 M/k	0			
Muovi	0				0			
Muu (mikä)	0				0			
1090 m:n pituudelta vanha jäte- vesiviemäri jää sadevesiviemäriksi								

- x) 1. Kapasiteetti liian pieni, vanha putki jäi käyttöön.
 2. Kapasiteetti liian pieni, vanha putki ei jäänyt käyttöön.
 3. Huono kunto.

6. VUONNA 1978 SUORITETTU VIEMÄRÖINTITAVAN MUUTOS

6.1 Sekaviemäreitä erillisviemäreiksi

Mistä syystä: Tuiran kaupunginosan uudelleenrakentamisen (suurkorttelit) yhtey-
dessä rakennettu jätevesiviemärit ja sadevesiviemäreitä, osan vanhoista toi-
miessa korjauksin pintavesiviemäreinä.

Putkityyppi joka muutettiin	Pituus (m)	Kustannukset (mk)	Jääkö vanha viemäri käyttöön (mihin)	Uusi putkityyppi
Betoni	730	214 600	310 m sadev. viem.	600m B/k & 130 PVC
Muovi	0			
Muu (mikä)	0			

6.2 Erillisviemäreitä sekaviemäreiksi

Mistä syystä: EI muutoksia

Putkityyppi joka muutettiin	Pituus (m)	Kustannukset (mk)	Jääkö vanha viemäri käyttöön (mihin)	Uusi putkityyppi
Betoni				
Muovi				
Muu (mikä)				

7. VUONNA 1978 TIIVISTETYT VIEMÄRIT

Tiivistetty putkityyppi	Sekaviemärit			Erillisjärjestelmän jätevesiviemärit		
	Pituus (m)	Kustannus (mk)	Tiivistystapa *	Pituus (m)	Kustannus (mk)	Tiivistystapa *
Betoni	106	23 000	1	105	13 700	1
Muu (mikä)						

- *) 1. Sujuttamalla
2. Injektoimalla
3. Muu (mikä)

8. MAHDOLLISESTI JÄLJESTÄPÄIN HAVAITUT ODOTTAMATTOMAT SEIKAT SANEERATTUJEN VIEMÄREIDEN TOIMINNASSA, KUNNOSSA JNE. KUINKA SANEERAUS ON VAIKUTTANUT PUHDISTAMON TOIMINTAAN JA PUHDISTUSTULOKSIIN.

--- saneeratut viemärit ovat toimineet odotusten mukaisesti ---
 --- puhdistamolle johdettu vesimäärä on pienentynyt ja jätevesi väke-
 --- vöitynyt. Puhdistetun jäteveden arvot ovat säilyneet ennallaan l.
 --- reductiot parantuneet. Laitoksen kemikaalikulutus (CaO) on kasvanut
 --- jätevesi-m³:a kohti, vuosittaisen kulutuksen säilyessä ennallaan n.4500tn

9. RAKENNUSSUUNNITELMAT

Yleisesti

Viemäriverkoston tähänhetkinen tiivistys-, uusimis- ja korjaustarve sekä tarve muuttaa sekaviemäreitä erillisviemäreiksi tai päinvastoin ja syyt siihen.

Verkoston iästä (yli 20v. 29%) johtuen, tiivisteinä on käytetty bitumihuopaa tms. Vuosien 1979-83 saneerausohjelma kohdistuu keskustan (ruutukaava-alue), Tuiran ja Oulunsuun pahoin vuotaviin johto-osuuksiin. Tiivistettävää ja uusittavaa verkkoa on n. 18 km. Sekaviemärointi muuttuu erillisviemäroinniksi Tuiran kaup.osassa suorkortteleiden rakentamisen yhteydessä.

Suunnitelmat vuosittain tai tiettyinä kautena suoritettavista töistä (jos tiedossa on vain summa, joka vuosittain tullaan käyttämään ko. töihin, merkitään se).

9.1 Täysin uuden verkoston rakentamissuunnitelmat

Vuosi tai ajanjakso	Viemärityyppi ^{x)}	Putkimateriaali	Pituus (m)	Arvioidut kustannukset paikalleen asennettuna (mk)
1979	2 & 3	PVC + Bet.	19.500	3 414 000
1980-	2 & 3	muovi, betoni	10 - 17 km/v	3 - 4 mmk/v

Uuden verkoston rakentamistarve on ollut keskim. 15 km vuodessa.

- x) 1. sekaviemäri
 2. jätevesiviemäri
 3. sadevesiviemäri

9.2 Entiseen käyttöön uusittavaksi suunniteltu verkosto

Vuosi tai ajanjakso	Viemärityyppi ^{x)}	Putkimateriaali	Pituus (m)	Arvioidut kustannukset paikalleen asennettuna	Uusimisen syy
1979	1, 2	M + B	1300+1500	1.21 mmk	Huono kunto
1980	2	"	1710+1270	1.36 mmk	"
1981	2	"	3200	1.30 mmk	"
1982	1	"	2500	1.40 mmk	"
1983	2	"	5000	1.50 mmk	"

9.3 Suunnitellut viemärintitavan muutokset

Sekaviemäristä erillisviemäriksi

Vuosi tai ajanjakso	Pituus (m)	Kustannukset (mk)
1979	580	300 000

Syyt muutokseen: Asemakaavallisten muutosten aiheuttama heikkokuntoisen
verkon saneeraustarve.

HA

Erillisviemäristä sekaviemäriksi

Vuosi tai ajanjakso	Pituus (m)	Kustannukset (mk)
------------------------	---------------	----------------------

Syyt muutokseen:

9.4 Tiivistettäväksi suunniteltu verkosto

Vuosi tai ajanjakso	Viemärityyppi ^{x)}	Tiivistettävä putkityyppi	Pituus (m)	Arvioidut kustannukset	Tiivistystapa ^{xx)}
1980-85	1, 2	Betoni	300-700 m/v	Ka. 500 000	1
1985-	1, 2, 3				
Tarkkojen suunnitelmien tekeminen ja toteuttaminen vaikeaa etukäteen.					

- x) 1. sekaviemäri
2. jätevesiviemäri
3. sadevesiviemäri

- xx) 1. Sujutus
2. Injektointi
3. Muu (mikä)

LIITE 2. KÄYTETYT MERKINNÄT JA KÄYTETTY AINEISTO

KÄYTETYT MERKINNÄT (muuttujat)

X1	kunta	havainto-
2	puhdistamo	tunnus (X123)
3	vuosi	
X4	jäteveden käsittelyprosessi ¹⁾	
X5	mitoitusvirtaama (m ³ /d)	
X6	näytteenottopäivien virtaamien keskiarvo (m ³ /d)	
X7	- " - - " - keskihajonta (m ³ /d)	
X8	tulevan viemärivereden BHK ₇ :n keskiarvo (mg O ₂ /l)	
X9	- " - - " - - " - keskihajonta (mg O ₂ /l)	
X10	lähtevän viemärivereden BHK ₇ :n keskiarvo (mg O ₂ /l)	
X11	- " - - " - - " - keskihajonta (mg O ₂ /l)	
X12	tulevan viemärivereden kok.P:n keskiarvo (mg P/l)	
X13	- " - - " - - " - keskihajonta (mg P/l)	
X14	lähtevän viemärivereden kok.P:n keskiarvo (mg P/l)	
X15	- " - - " - - " - keskihajonta (mg P/l)	
X16	sekaviemäreiden osuus (%)	
X17	sademäärä (mm)	
X19	kuormitusaste $\frac{X6}{X5}$	
X 20	BHK-reduktio (%) $100 \frac{X8 - X10}{X8}$	
X21	$\frac{X7}{X6}$	
X22	$\frac{X9}{X8}$	
X23	$\frac{X11}{X10}$	
X24	$\frac{X13}{X12}$	
X25	$\frac{X15}{X14}$	
X26	P-reduktio (%) $100 \frac{X12 - X14}{X12}$	
X27	huonokuntoisten viemäreiden osuus (%)	
X28	X16 x X17	
X29	X16 x X17 x X27	
X30	$\frac{\text{hulevesivirtaama}}{\text{jätevesivirtaama}}$	

1) 1 suorasaostus
2 aktiiviliete
3 biologinen suodatin

4 rinnakkaissaostus (ml rengaskanavat)
5 esisaostus
6 jälkisaostus

KÄYTETTY AINEISTO

X123	X4	X5	X19	X21	X8	X22	X10	X23	X20	X12	X24	X14	X25	X26	X16	X17	X27	X28	X29	X30
9113	4.	32000.	.62	.16	182.	.41	16.	.56	91.	9.5	.42	1.1	.91	88.	36.	606.	18.	218.	39.	28
9117	4.	32000.	.63	.23	182.	.29	19.	.84	90.	8.4	.67	1.7	.94	80.	36.	785.	*****	283.*****		.25
9116	4.	32000.	.59	.21	241.	.47	19.	.79	92.	9.0	.36	3.1	.58	66.	36.	492.	*****	177.*****		.10
9115	4.	32000.	.59	.16	262.	.39	10.	.50	96.	8.5	.27	2.0	.80	76.	38.	436.	*****	166.*****		.02
9114	4.	32000.	1.03	.16	276.	.52	23.	1.17	92.	8.6	.73	2.6	.62	70.	40.	880.	*****	352.*****		.46
9138	2.	14000.	1.20	.16	353.	.38	17.	1.06	95.	11.9	.45	1.5	.67	87.	100.	606.	30.	600.	120.*****	
9137	2.	14000.	1.14	.14	231.	.42	20.	.75	91.	8.0	.39	4.7	.30	41.	100.	735.	*****	777.*****		
9136	2.	14000.	1.09	.16	287.	.37	24.	.96	92.	8.1	.23	5.0	.26	38.	100.	492.	*****	487.*****		
9135	2.	14000.	.87	.20	285.	.49	27.	1.26	91.	6.6	.27	4.6	.39	30.	100.	436.	*****	432.*****		
9134	2.	14000.	.99	.18	325.	.57	15.	1.07	95.	6.9	.28	4.6	.28	33.	100.	880.	*****	871.*****		
9143	2.	120000.	.84	.35	177.	.47	19.	.42	89.	7.5	.71	5.0	.28	33.	56.	606.	13.	339.	44.	.16
9147	2.	120000.	.79	.28	177.	.40	18.	.50	90.	7.8	.23	4.8	.23	36.	50.	785.	*****	393.*****		.20
9146	2.	120000.	.80	.20	253.	.37	24.	.45	91.	9.8	.15	4.7	.28	52.	50.	492.	*****	246.*****		.10
9145	2.	120000.	.74	.18	239.	.31	12.	.58	95.	9.1	.19	4.9	.20	46.	50.	436.	*****	218.	0.	.20
9144	2.	120000.	.68	.43	249.	.48	12.	.58	95.	8.4	.64	4.1	.32	51.	69.	880.	*****	607.*****		.05
9153	2.	60000.	.89	.26	137.	.36	16.	.63	88.	6.6	.26	4.0	.63	39.	2.	606.	8.	12.	1.	.26
9157	2.	60000.	1.03	.35	133.	.44	20.	.45	85.	6.7	.39	4.7	.38	30.	3.	735.	*****	24.*****		.28
9156	2.	60000.	.70	.24	200.	.49	22.	.41	89.	7.7	.25	6.0	.32	22.	4.	492.	*****	20.*****		.08
9155	2.	60000.	.67	.16	212.	.42	15.	.47	93.	6.9	.26	4.6	.39	33.	5.	436.	*****	22.*****		.13
9154	2.	60000.	.67	.16	180.	.69	21.	.76	88.	4.8	.42	3.5	.57	27.	6.	880.	*****	53.*****		.12
9162	2.	28000.	.89	.19	332.	.45	11.	.45	97.	13.1	.41	1.3	.62	90.	20.	606.	10.	121.	12.	.34
9167	2.	28000.	.89	.22	259.	.40	18.	.56	93.	8.4	.31	5.3	.28	37.	21.	785.	*****	165.*****		.31
9166	2.	28000.	.75	.24	329.	.44	16.	.94	96.	10.0	.24	6.2	.26	38.	21.	492.	*****	103.*****		.14
9165	2.	28000.	.75	.32	399.	.33	13.	.54	97.	10.3	.30	5.4	.24	48.	21.	436.	*****	92.*****		.15
9164	2.	28000.	.87	.17	422.	.40	18.	1.06	96.	12.9	.28	4.3	.40	67.	23.	880.	*****	202.*****		.21
10613	4.	5250.	1.15	.26	135.	.30	59.	.51	96.	6.2	.24	2.1	.38	66.	63.	491.	14.	309.	*****	.06
10617	4.	5250.	1.04	.23	134.	.33	60.	.38	55.	5.6	.25	.7	*****	87.	64.	728.	0.	466.	*****	
10616	4.	5250.	.84	.05	202.	.08	48.	.35	76.	7.8	.21	.4	*****	95.	65.	470.	*****	305.	*****	
10615	4.	5250.	.92	.12	155.	.12	34.	.24	78.	6.4	.25	.5	*****	92.	66.	497.	*****	328.	*****	
10623	4.	6750.	.85	.18	135.	.44	36.	.64	73.	4.9	.29	.9	.56	82.	75.	491.	31.	368.	114.	.04
10627	4.	6750.	.88	.17	122.	.32	25.	.60	80.	4.5	.22	1.4	.50	69.	75.	728.	*****	546.	*****	
10626	4.	6750.	.87	.07	151.	.14	46.	.24	70.	4.3	.37	1.3	.23	70.	76.	470.	*****	357.	*****	.07
10625	4.	6750.	1.10	.11	156.	.11	38.	.21	76.	4.5	.18	1.0	.20	78.	77.	497.	*****	383.	*****	.21
10624	4.	6750.	1.00	.11	99.	.15	29.	.36	71.	3.1	.10	.7	.57	77.	78.	880.	*****	626.	*****	.30
10635	4.	800.	1.20	.35	131.	.28	24.	.79	82.	7.8	.40	3.0	.77	62.	19.	491.	5.	93.	5.	.35
10637	4.	800.	*****	*****	102.*****	46.*****	55.	6.0*****	3.2*****	47.	16.	728.	****	131.*****	.24					
10636	4.	800.	*****	*****	165.*****	27.*****	84.	11.1*****	3.2*****	71.	17.	470.	****	80.*****	*****					
10635	4.	800.	*****	*****	250.*****	15.*****	94.	20.8*****	2.7*****	87.	16.	497.	*****	80.*****	*****					
10918	4.	32000.	.83	.18	185.	.35	28.	.54	85.	6.8	.24	.6	.33	91.	53.	491.	23.	260.	60.	.54
10917	4.	32000.	1.06	.16	152.	.44	37.	.43	76.	5.7	.25	.5	.80	91.	59.	728.	*****	430.*****		.50
10916	4.	32000.	.48	.21	219.	.25	34.	.32	84.	7.0	.01	.7	.29	90.	65.	470.	*****	282.	*****	.17
16718	6.	22000.	.63	.24	209.	.22	15.	1.27	93.	6.6	.23	.7	.86	89.	40.	411.	6.	164.	10.	.20
16717	6.	22000.	.87	.51	180.	.36	19.	.68	89.	6.7	.34	.6	.67	91.	40.	559.	*****	224.*****		.32
16716	6.	22000.	.63	.11	278.	.58	34.	.29	88.	8.6	.43	2.1	1.14	76.	49.	445.	*****	218.	*****	.20
16715	6.	22000.	.39	.24	255.	.03	31.	.94	88.	7.4	.68	2.1	1.19	72.	54.	484.	0.	261.	*****	.05
18317	1.	7000.	1.27	.29	105.	.42	27.	.63	74.	7.8	.42	2.9	.48	63.	14.	798.	2.	112.	*****	.30
18416	1.	7000.	.83	.09	180.	.11	55.	.31	69.	12.0	.15	2.4	.29	80.	15.	508.	*****	76.	*****	.11
18415	1.	7000.	.60	.46	140.	.21	62.	.19	56.	13.0	.25	3.6	.72	72.	17.	445.	*****	76.	*****	
18414	1.	7000.	.91	.24	120.	.34	64.	.44	47.	5.2	.13	2.3	.13	56.	18.	821.	*****	148.	*****	.20
29718	4.	44000.	.48	.17	197.	.30	40.	.55	80.	7.5	.23	.8	.50	89.	40.	436.	7.	174.	*****	.04
29717	4.	44000.	.61	.29	199.	.36	55.	.47	72.	7.1	.25	1.1	.45	85.	41.	652.	*****	267.	*****	.04
29716	4.	44000.	.48	.16	225.	.39	49.	.57	78.	8.0	.26	1.1	.45	86.	42.	479.	*****	201.	*****	.08
30616	4.	15400.	.31	1.08	157.	.31	26.	.65	83.	7.1	.28	1.3	.77	82.	100.	480.	10.	475.	48.	.49
37215	4.	12930.	1.14	.07	251.	.16	33.	.58	87.	10.0	.30	2.0	.75	80.	61.	528.	11.	322.	*****	.29

X123	X4	X5	X19	X21	X8	X22	X10	X23	X20	X12	X24	X14	X25	X26	X16	X17	X27	X28	X29	X30
39817	4.	12000.	1.12	.10	238.	.24	29.	.24	88.	8.0	.19	2.0	.30	75.	63.	710.*****	447.*****		.29	
39816	4.	12000.	.93	.22	338.	.04	44.	.18	87.	10.0	.16	2.6	.08	74.	66.	418.*****	276.*****		.35	
39815	4.	12000.	.93	.15	316.	.21	29.	.52	91.	9.0	.11	1.8	.17	80.	69.	490.*****	338.*****		.29	
39828	4.	50000.	.51	.16	380.	.28	28.	.32	93.	9.0	.14	.7	.29	92.	74.	528. 26.	390. 101.		.35	
39827	4.	50000.	.60	.24	328.	.14	37.	.32	89.	8.0	.17	.8	.37	90.	78.	760.*****	55.*****		.43	
39826	4.	50000.	.61	.35	667.	.41	63.	.54	91.	20.0	.50	1.9	1.32	90.	82.	497.*****	407.*****		.44	
40518	5.	30000.	.54	.17	548.	.73	87.	1.38	84.	19.4	.07	1.2	1.00	94.	62.	473. 13.	293. 38.		.19	
40517	5.	30000.	.65	.32	397.	.53	110.	.36	72.	11.5	.69	1.2	1.00	90.	64.	626.*****	400.*****		.05	
40516	5.	30000.	.54	.37	523.	.54	180.	.39	66.	13.5	.64	2.2	.59	84.	67.	402.*****	269.*****			
40515	5.	30000.	.47	.23	467.	.49	150.	.27	68.	10.6	.45	1.9	.79	82.	68.	463.*****	315.*****			
42818	4.	3700.	.52	.24	114.	.18	8.	.50	93.	6.6	.15	.4	.75	94.	56.	613. 26.	343. 89.		.39	
42817	4.	3700.	.53	.37	161.	.43	17.	.35	89.	6.5	.29	.4	.25	94.	57.	817.*****	466.*****		.37	
42816	4.	3700.	.37	.06	160.	.25	8.	.13	95.	7.5	.12	.8	.37	89.	59.	512.*****	302.*****		.44	
42815	4.	3700.	.34	.09	124.	.37	13.	.85	90.	5.6	.05	1.0	.60	82.	60.	497.*****	298.*****		.57	
42823	6.	4100.	.67	.51	81.	.31	6.	.67	93.	4.5	.38	.3	.33	93.	47.	612. 12.	287. 34.		.53	
42827	6.	4100.	.71	.46	70.	.59	5.	.40	93.	4.2	.55	.4	.50	90.	50.	817.*****	409.*****		.26	
42826	6.	4100.	.50	.69	72.	.29	4.	.25	94.	4.8	.42	.2	1.00	96.	52.	512.*****	266.*****		.07	
43418	1.	5500.	.73	.17	119.	.26	48.	.71	60.	6.7	.15	2.5	1.20	63.	55.	680. 36.	374. 135.		.47	
43417	1.	5500.	.60	.35	105.	.25	33.	.48	78.	6.0	.27	.5	.60	92.	65.	770.*****	500.*****		.51	
43416	1.	5500.	.49	.32	144.	.37	33.	.30	77.	7.6	.24	.8	.50	89.	75.	550.*****	413.*****		.33	
43415	1.	5500.	.48	.10	110.	.28	27.	.59	75.	6.1	.39	.9	.44	85.	93.	700.*****	651.*****		.21	
56418	5.	60000.	.80	.10	117.	.15	54.	.17	54.	6.8	1.07	1.5	.20	78.	23.	375. 13.	86. 11.		.25	
56417	5.	60000.	.84	.09	92.	.17	41.	.27	55.	5.9	.17	1.3	.15	78.	26.	449.*****	116.*****		.31	
56416	5.	60000.	.85	.09	94.	.15	43.	.21	54.	6.5	.17	1.4	.29	78.	30.	340.*****	105.*****		.29	
56415	5.	60000.	.89	.09	91.	.10	43.	.16	53.	7.3	.11	1.2	.25	84.	31.	353.*****	107.*****		.34	
56414	5.	60000.	.90	.09*****	*****	*****	*****	8.6	.55	1.5	.27	83.	32.	505.*****	161.*****				.35	
57218	5.	7000.	.70	.24	75.	.20	24.	.42	68.	3.2	.31	.2	.50	94.	76.	518. 32.	394. 126.		.40	
57217	5.	7000.	.56	.72	42.	.57	22.	.41	48.	2.5	.72	.2	.50	92.	77.	742.*****	576.*****		.57	
57216	5.	7000.	.31	.58	41.	.68	26.	.54	37.	3.8	.47	.3	.67	92.	78.	366.*****	265.*****			
57215	5.	7000.	.24	.30	18.	.59	14.	.43	22.	3.0	.17	.2	.50	93.	80.	436.*****	341.*****			
59218	2.	5760.	1.82	.24	261.	.27	71.	.23	73.	8.1	.21	4.5	.27	44.	51.	311. 11.	159. 17.		.41	
59217	2.	5760.	2.12	.23	230.	.40	170.	.21	26.	5.7	.32	3.8	.37	33.	52.	514.*****	103.*****		.51	
59216	2.	5760.	1.84	.21	260.	.12	110.	.32	58.	8.2	.11	5.8	.31	29.	53.	350.*****	83.*****		.59	
60918	5.	58000.	.55	.31	171.	.39	110.	.40	36.	6.0	.23	1.3	1.15	78.	24.	550. 0.	132. 0.		.28	
60917	5.	58000.	.43	.47	292.	.86	110.	.38	62.	15.0	.14	1.7	1.29	89.	25.	258.*****	65.*****		.49	
60916	4.	280.	2.32	.20	90.	.39	12.	.42	87.	4.9	.20	.9	.56	82.	18.	550. 0.	100. 0.		.59	
60927	4.	280.	2.38	.20	85.	.14	8.	.25	91.	4.9	.08	.8	.87	84.	17.	658.*****	112.*****		.66	
60926	4.	280.	1.41	.23	100.	.19	16.	.44	84.	5.8	.12	1.0	.50	83.	16.	404.*****	65.*****		.33	
60925	4.	280.	2.02	.31	100.	.33	19.	.63	81.	6.0	.22	1.0	.40	83.	15.	551.*****	83.*****		.47	
60924	4.	280.	1.68	.32	159.	.80	15.	.47	91.	7.8	.95	1.4	1.00	82.	14.	705.*****	99.*****		.53	
60958	4.	4500.	.30	.20	91.	.41	5.	.80	55.	5.6	.23	.6	.67	89.	4.	550. 0.	22. 0.		.04	
60957	4.	4500.	.47	.50	118.	.45	5.	.40	96.	5.0	.20	.5	.40	90.	5.	658.*****	24.*****		.30	
60956	4.	4500.	.31	.33	100.	.49	7.	.86	93.	5.2	.25	.5	.60	90.	6.	404.*****	24.*****		.13	
60955	4.	4500.	.26	.35	70.	.49	9.	.69	87.	4.7	.51	.5	1.20	89.	7.	551.*****	39.*****		.19	
61218	5.	9000.	1.24	.06	132.	.15	30.	.27	77.	5.5	.13	1.1	.09	80.	45.	583. 23.	262. 60.		.51	
61217	5.	9000.	1.21	.30	93.	.52	31.	.48	67.	4.7	.38	1.2	.67	74.	49.	810.*****	397.*****		.57	
61216	5.	9000.	1.00	.20	84.	.57	35.	.31	58.	3.8	.50	1.5	.47	61.	52.	504.*****	262.*****		.47	
61215	5.	9000.	.83	.44	84.	.34	31.	.19	64.	5.1	.12	1.8	.28	65.	54.	501.*****	270.*****		.47	
61214	5.	9000.	.73	1.01	47.	.40	21.	.38	55.	4.2	.33	1.2	.42	71.	58.	861.*****	500.*****		.47	
83717	5.	120000.	.59	.15	180.	2.13	49.	.20	73.	5.1	.16	.8	.37	84.	15.	615. 1.	92. 1.		.32	
83716	5.	120000.	.35	.19	212.	.29	84.	.42	60.	8.3	.23	2.7	.81	67.	16.	429.*****	69.*****			
83715	5.	120000.	.30	.35	170.	.17	13.	1.62	92.	5.4	.15	5.4	.06	0.	16.	482.*****	77.*****		.17	
83714	5.	120000.	.42	.14	153.	.14	11.	1.55	93.	5.1	.14	4.1	.20	20.	17.	747.*****	127.*****		.18	
85318	5.	70000.	1.25	.23	178.	.21	35.	.29	80.	8.3	.17	1.4	.29	83.	31.	605. 24.	188. 45.		.38	
85317	5.	70000.	1.61	.19	135.	.02	46.	.26	75.	6.9	.01	1.6	.13	77.	34.	759.*****	258.*****		.49	
85316	5.	70000.	1.21	.09	196.	.10	37.	.24	81.	7.6	.08	1.4	.21	82.	35.	441.*****	154.*****		.17	
85315	5.	70000.	1.42	.12	190.	.27	54.	.24	72.	6.0	.16	3.3	.15	51.	37.	495.*****	183.*****		.29	
85314	5.	70000.	1.61	.28	132.	.23	32.	.22	76.	5.8	.21	2.8	.18	52.	39.	807.*****	315.*****		.43	
90818	5.	14750.	.84	.34	69.	.22	34.	.29	51.	4.5	.20	.6	.50	87.	84.	554. 20.	465. 93.		.48	
90817	5.	14750.	.80	.51	46.	.13	29.	.38	37.	3.0	.17	.7	.71	77.	87.	612.*****	532.*****		.37	

KORRELAATIOKERTOIMET

Muuttuja	X5 X 26	X6 X 27	X7 X 28	X8 X 29	X9 X 30	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25
X 5	1000																			
X 6	856	1000																		
X 7	780	865	1000																	
X 8	219	151	152	1000																
X 9	229	114	150	742	1000															
X10	60	29	15	405	381	1000														
X11	48	-56	-25	552	593	683	1000													
X12	130	137	143	770	593	296	492	1000												
X13	80	45	141	489	470	228	213	498	1000											
X14	408	400	431	363	226	58	104	286	129	1000										
X15	154	73	160	423	386	243	347	432	372	586	1000									
X16	-285	-261	-172	60	-6	60	96	-101	34	-225	-175	1000								
X17	8	88	196	-128	-21	-279	-153	-211	71	25	-33	22	1000							
X19	-198	50	-10	-108	-160	61	-86	-60	-22	119	-30	-5	112	1000						
X20	130	102	118	365	208	-523	-190	297	165	225	116	-163	165	-47	1000					
X21	-183	-223	44	-258	-80	-111	-82	-155	83	-160	-92	215	107	-63	-127	1000				
X22	129	17	65	77	660	56	145	48	223	-10	125	-48	113	-122	-5	207	1000			
X23	80	-94	-43	219	227	-275	324	144	89	278	229	-29	155	-168	409	10	82	1000		
X24	-45	-62	51	22	166	11	-30	36	795	-23	144	91	187	-19	13	290	309	37	1000	
X25	-231	-344	-218	105	259	148	311	210	304	-307	472	20	-82	-221	-34	174	216	128	229	1000
X26	-408	-372	-402	-113	-59	-4	-22	51	46	-906	-454	201	-130	-145	-102	122	11	-293	46	366
	1000																			
X27	-48	4	-12	48	-64	-40	-18	31	-4	-52	-87	218	8	-39	16	-142	-215	-25	-46	-68
	66	1000																		
X28	-245	-198	-80	-40	-14	-109	-4	-165	65	-193	-171	876	371	18	-59	235	10	53	168	0
	146	195	1000																	
X29	-166	-139	-116	44	-73	-29	33	9	-17	-105	-28	321	78	-37	-22	-66	-187	56	-64	44
	110	807	307	1000																
X30	-290	-172	-160	-183	-129	36	-101	-133	-63	-234	-132	173	136	431	-152	209	4	-205	20	33
	183	120	168	56	1000															

X123	X4	X5	X19	X21	X8	X22	X10	X23	X20	X12	X24	X14	X25	X26	X16	X17	X27	X28	X29	X30
90516	5.	14750.	.50	.34	60.	.43	45.	.27	25.	4.0	.32	.8	.63	80.	88.	507.	*****	446.	*****	.07
90515	5.	14750.	.69	.14	122.	.51	38.	.18	69.	5.5	.47	1.6	1.12	71.	92.	499.	*****	459.	*****	.41
90528	4.	40.	1.82	.60	81.	.47	18.	.56	76.	7.0	.34	1.1	.64	84.	100.	554.	9.	548.	49.	.25
90827	4.	40.	2.52	.69	71.	.58	19.	.84	73.	8.0	.50	.8	.37	90.	100.	618.	*****	612.	*****	.48
90826	4.	40.	*****	*****	103.	*****	33.	*****	68.	10.0	*****	3.0	*****	70.	100.	507.	*****	502.	*****	*****
90838	4.	200.	.82	.90	36.	.86	10.	.40	72.	3.5	.69	.9	.56	74.	100.	554.	4.	548.	22.	.44
90837	4.	200.	.97	.67	131.	.26	10.	.50	92.	4.5	.53	.9	.44	80.	100.	618.	*****	612.	*****	.70

KESKIARVOT JA HAJONNAT

Muuttuja	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
Keskiarvo	28676.7769	22759.8545	5048.5214	185.7250	69.7350	34.7417	15.5043	7.3818
Keskihaj.	33227.61865	27273.64697	6848.79956	111.75445	70.70268	30.70447	14.51434	3.13603
Havaintojen lkm.	121	117	117	120	117	120	117	121

Muuttuja	X13	X14	X15	X16	X17	X19	X20	X21
Keskiarvo	2.1869	2.0074	.8921	49.2893	573.3967	.8690	77.5542	.2711
Keskihajonta	1.80190	1.57460	.70637	28.22600	147.10299	.45229	17.14822	.18654
Havaintojen lkm.	117	121	114	121	121	117	120	117

Muuttuja	X22	X23	X24	X25	X26	X27	X28	X29
Keskiarvo	.3844	.5180	.3000	.5160	72.3560	13.2727	276.5037	47.6429
Keskihajonta	.23747	.29658	.18759	.29394	20.82059	10.66909	183.98659	48.63486
Havaintojen lkm.	116	116	117	114	121	33	121	28

Muuttuja	X30
Keskiarvo	.3039
Keskihajonta	.16561
Havaintojen lkm.	103

